雙 月 刊

核能簡訊

NUCLEAR NEWSLETTER

NO. 181
2019 December

核子科技成為非洲豬瘟剋星

芬蘭高放處置設施的最新進展

美國能源部與核管會攜手布署進步型反應爐

巴西安格拉核電廠3號機尋找建廠合作夥伴

法國最老核電廠將於二〇二〇年中關閉

氣候變遷將引爆國際性糧食危機

核能簡訊 NUCLEAR NEWSLETTER
NO. 181
2019.12 雙月刊

編者的話

有「東方諾貝爾獎」美稱的「唐獎」，2019 年獲得永續發展獎的 2 位得主之一詹姆士漢森（James E. Hansen），曾任職美國國家航空暨太空總署（NASA）哥達德太空研究所（GISS），是第一個提出全球溫度超出自然變化範圍，進而導出暖化趨勢的科學家；他與團隊的研究結果，影響 2016 年的《巴黎氣候協議》，訂出國際間應將增溫限制在攝氏 2 度內。漢森在演說中，大力抨擊化石燃料對人類健康的危害。他提到，空氣污染大多源自燃燒化石燃料，每年在全球造成超過 350 萬人喪命，每天約有 10 萬人因此死亡；而要解決健康與氣候問題的關鍵，是提供充足乾淨的無碳能源。漢森也提到，人們害怕核能，但化石燃料呢？化石燃料也很危險。

美國 11 月 4 日正式通知聯合國，將退出《巴黎氣候協議》，成為至今唯一退出這項協議的國家。根據白宮的聲明，退出協議主因是川普政府認為，協議當中的綠色氣候基金將耗費美國巨大財富，美國作為已開發國家必須援助開發中國家改善他們的排放；另外，在條款中對美國施加嚴格的能源與經濟限制，到 2025 年可能會使美國損失 270 萬個工作機會，並讓鋼鐵、水泥、煤炭等產量全部下降。是以，在協議中規範 3 年後可退出的期限方至，美國立即申請退出。

《華盛頓郵報》報導，科學家指出，2018 年全球二氧化碳排放量破最高紀錄，突顯了「世界欲因應氣候變遷的期望，與各國所採取的實際行動」之間的差距。同時，川普政府仍繼續削減歐巴馬時代為了減少碳排放的相關環境法規，川普認為增加化石燃料的生產是美國更為重要的優先事項。

非洲豬瘟近年襲擊多個亞洲國家，造成民眾的恐慌。核子技術此時被充分運用，可以在更多豬隻受到影響之前，迅速準確的檢測病毒，以防止傳播擴散，也降低受災害國家的經濟損失。

核能資訊中心接受行政院原子能委員會委託，於 108 年 10 月 29、30 日舉辦「2019 台日核電廠除役技術交流研討會」。經由本次研討會，促進台日雙方在核電廠除役相關知識與經驗的交流，並提升核電廠除役安全管制與技術，使安全管制與實務作業更加完備。此外，也藉此次交流機會，核能資訊中心與日本原子力除役研究會（ANDES）簽訂合作備忘錄，日後將加強雙方交流與資訊流通，以期未來對核一廠的除役工作提供更多技術與專業知識的流通互動。

目 錄

出版單位：財團法人核能資訊中心
地　　址：新竹市光復路二段一〇一號
電　　話：(03)571-1808
傳　　真：(03)572-5461
網　　址：http://www.nicenter.org.tw
電子郵件：nicenter@nicenter.org.tw
發 行 人：朱鐵吉
編輯委員：李四海、汪曉康、陳條宗、郭瓊文、劉仁賢、
　　　　　謝牧謙(依筆畫順序)

主　　編：朱鐵吉
文　　編：鍾玉娟、翁明琪、林庭安
執　　編：長榮國際　文化事業本部
設計排版：長榮國際　文化事業本部
地　　址：臺北市民生東路二段 166 號 6 樓
電　　話：02-2500-1175
製版印刷：長榮國際股份有限公司　印刷廠
行政院原子能委員會敬贈　廣告
臺灣電力公司核能後端營運處敬贈　廣告



核子科技成為非洲豬瘟剋星

譯 **編輯室**

非洲豬瘟（African Swine Fever，簡稱 ASF），這種動物疾病近年襲擊亞洲 7 個國家，這些地區的民眾以豬肉為主食來源，因此對豬肉市場造成了破壞性的影響，各國獸醫們正在聯手對抗。核子技術可在更多動物受到影響之前迅速準確地檢測出病毒，因此是對抗疾病傳播的關鍵。國際原子能總署（IAEA）與聯合國糧食及農業組織（FAO）通力合作，提供設備、專業知識、諮詢與培訓，來支援這些國家的實驗室進行檢測的工作。據瞭解，非洲豬瘟是起源於 1920 年代的非洲。

越南國家獸醫診斷中心動物衛生部主任 Bac Van Ngo 表示：「非洲豬瘟在越南很難被控制，疫情已蔓延至 63 個省中的 62 個，如果要保護我們的農畜產業，就必須控制住疫情。」

越南當局採取嚴格的環境衛生與生物安全防護措施，以遏制進而最終消除這種疾病。到目前為止，僅僅幾個月內越南便有430 萬頭豬因感染非洲豬瘟而遭到撲殺或死亡，占該國豬隻總量的 10%。

雖然這種疾病不會對人體健康造成傷害，但它對全國的牲畜、食品安全以及農村貧困人口的生計卻產生重大影響。非洲豬瘟的病毒是經由受感染的動物的分泌物而傳播，並可停留在工人的衣服、鞋子、飼料和受污染的肉品上，從一個農場傳染給另一個農場。

目前還沒有對付非洲豬瘟的疫苗，而最有效的解決方案是建立一個早期且準確的檢測系統。Van Ngo 說：「如果沒有自己的檢測能力，我們會面臨更糟糕的處境。我們對非洲豬瘟知之甚少，甚至我們的獸醫師也是如此。」幸運的是，在非洲豬瘟被檢測到的 8 個月前，一群越南獸醫診斷專家至奧地利塞伯斯多夫，參加由 FAO / IAEA 動物生產與衛生實驗室舉辦的培訓課程，此課程是利用核子技術與傳統方法進行非洲豬瘟和其他動物傳染病的檢驗，課程內容也提供了知識與工具，協助他們得以在 2019 年 2 月於越南首次發現非洲豬瘟。

從 2018 年 8 月中國爆發非洲豬瘟疫情以來，國際原子能總署一直協助該地區面臨風險的國家，例如與中國接壤的越南、蒙古和寮國，進行快速診斷。由於密集的養殖方式使得越南遭受重創，但是蒙古當局卻設法控制住疫情，部分原因是蒙古豬群數量較少，而且土地遼闊，農場之間距離甚遠，才使得動物到動物之間的傳播變得比較困難。

蒙古國家中央獸醫實驗室主任甘佐里格



非洲豬瘟對各國的牲畜、食品安全及農村貧困人口的生計，產生重大的影響。

（Basan Ganzorig）說：「我們是第一個受到來自中國疫情散布所影響的國家，我國的高峰期是在 2019 年 1 月，但是由於使用了原子能總署提供的技術，得以迅速發現病毒並找到它的來源，我才們能限制豬隻的活動，進而限制了非洲豬瘟的傳播。」

接受 FAO/IAEA 動物產品與衛生實驗室培訓的蒙古獸醫們，試著在 3 天內確診首例病毒株，並在 7 天內鎖定源頭，這也是阻止非洲豬瘟快速傳播的關鍵。現在他們甚至可以在 1 天之內檢測到病毒。

在越南漫長邊境線另一端的寮國，也遭到非洲豬瘟的攻擊，寮國國家動物衛生實驗室主任 Bounlom Douangngeun 說：「政府已經為這事件做了近一年的準備，我們準備好進行測試，為控制疫情提供支援。現在，我們有能力自己測試樣本，如果懷疑樣本被病毒感染，我們可以在 6 個小時內獲得自己實驗室的結果。」

寮國疫情控制得比越南好，因為寮國大多數的豬隻都是自由漫遊的，分散在被河流隔開的山丘上，到目前為止，僅在偏遠地區檢測到非洲豬瘟。在 FAO/IAEA 糧食與農業核子技術聯合司的支持下，兩國的獸醫們正密切合作，共享資訊並加強邊境管制。

目前沒有發現非洲豬瘟的泰國也面臨到風險，泰國國家動物衛生研究所所長 Banjong Jongrakwattana 說：「我們已加強控管，與寮國和其他國家保持密切聯繫，希望它們成為病毒的最後戰場，不會傳播到其他地方。」

泰國國家動物衛生研究所實驗室是 FAO / IAEA 聯合司的獸醫診斷實驗室（Veterinary Diagnostic Laboratory，VETLAB）網絡平台共 19 個亞洲國家實驗室其中之一，VETLAB 網絡成員可以從亞洲獸醫們學到的經驗教訓與最佳實證中獲益。

FAO / IAEA 糧食與農業核子技術聯合司動物產品與衛生實驗室負責人 Giovanni Cattoli 解釋：「VETLAB 是一個供專業人士在此分享經驗、工具和協議的平台，目前，該網絡為我們提供了寶貴的知識，我們可以從中借鑑，以確保疫病不會進一步擴散。」

此次的非洲豬瘟也威脅到柬埔寨、北韓和緬甸，據報導，歐洲、波蘭、比利時和匈牙利在 2018 年就已爆發疫情，今年則是斯洛伐克。Cattoli 說：「我們需要不斷增強診斷能力，這種疾病幾乎在我們每個人身邊。」

參考資料：
https://www.iaea.org/newscenter/news/to-fight-fatal-animal-disease-vets-in-asia-turn-to-nuclear-technology



氣候變遷將引爆國際性糧食危機

譯 編輯室

- 聯合國氣候變遷科學小組提出警告：除非人類改變生產糧食和使用土地的方式，否則將不可能把全球氣溫維持在安全範圍內。
- 聯合國政府間氣候變遷委員會（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）的報告指出，全球暖化已經破壞農作物產量、降低牲畜生產力和增加農田上的蟲害，使糧食不安全的程度更加惡化。
- 上述研究報告指出，氣溫只要增加攝氏 2 度就可能引發國際糧食危機。
- 如果以目前的速度繼續排放溫室氣體，大約 20 年後，大氣的溫度將比工業革命之前的水平高出攝氏 1.5 度。

僅靠減少汽車和工廠的碳排放量，已經不足以避免遍及全球的糧食危機。2019年8月8日，IPCC在瑞士日內瓦發表了《氣候變遷與土地特別報告（The IPCC's special report on climate change and land）》，這份報告描述了全球暖化將如何造成農作物產量減少，牲畜生產力降低和農田蟲害增加，因而加劇糧食不足的風險。2019年7月是有紀錄以來最熱的月份，全球氣溫已經比工業革命之前高出攝氏1.2度。

全球糧食系統占全球溫室氣體排放量的37%，主要是因為養牛、耕種水稻和對農田施放肥料所產生。農業和其他土地利用產生了約占23%的人為排放，加速土壤的侵蝕，而森林砍伐和大量的食物浪費則進一步增加了碳排放量。由於氣溫升高引發更頻繁的極端氣候事件，使迫在眉睫的危機變得更為嚴峻。

在2019年7月這一個月內，熱浪襲擊了歐洲後轉移至格陵蘭，造成了創紀錄的融冰災害。大火席捲了俄羅斯和北極；颶風引發水災淹沒美國路易斯安那州的部分地區，當地農民遭受了一整年的洪水災害。

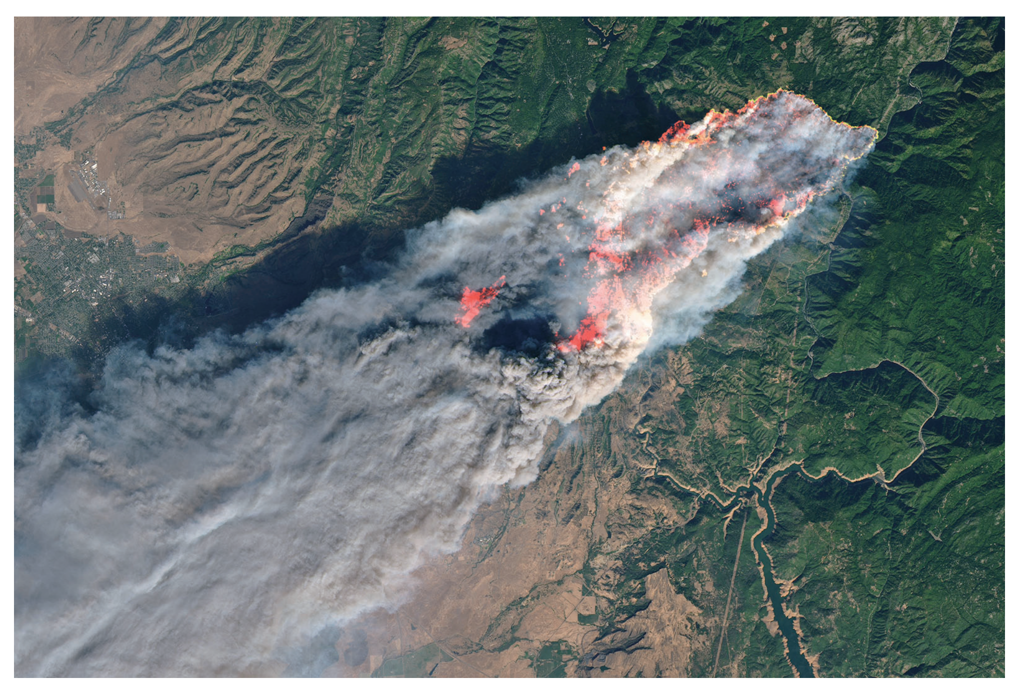
IPCC這份報告的內容也與熱帶雨林息息相關，因為外界愈來愈憂心熱帶雨林的砍伐速度過快。舉例來說，南美洲亞馬遜雨林是碳排放的主要吸收地，有助於降低全球氣溫，但在巴西總統波索納洛 (Jair Bolsonaro) 政府的政策及行動下，當地雨林正在加速消失。

IPCC這份報告的主要作者維喬特（Louis Verchot）說：「我們對極端事件的強度、頻率和持續時間如何轉化為對經濟的影響，有了更清楚的瞭解。」

氣候變遷現今已影響到乾旱地區的糧食安全，主要是在非洲、亞洲和南美洲的山區。報告中還預測，在地中海和非洲南部地區，嚴重和頻繁的乾旱將大幅增加；而



全球暖化造成格陵蘭島冰原融化，雪橇犬隊在融化的冰水中奔跑。（圖片來源：Steffen M. Olsen / 丹麥氣象局）



2018 年美國加州的營溪大火是州史上最致命和最具破壞性的野火 (圖片來源 : 維基百科)

發生在北美洲、南美洲、地中海、非洲南部和中亞地區的野火將更為驚人；熱帶和亞熱帶則將受到農作物產量下降的影響。

維喬特表示：「隨著我們繼續向大氣中排放更多的二氧化碳，地球系統也將吸收越來越多的二氧化碳。這種額外來自大自然的恩典是有限的，不會永遠持續下去。如果我們繼續摧殘我們的生態系統，砍伐森林，破壞土壤，我們將失去這項大自然的彌補能力，若我們繼續排放更多的溫室氣體到大氣中，地球將無法再保護我們免受自己的危害。」

科學家不斷示警

聯合國糧食及農業組織（FAO）公布 2016 年度報告時就已經發出警告，在 2030 年前，氣候變遷可能會造成小農們的農業產出大幅下降，使 1.22 億人口陷入極端貧窮的狀態，且最有可能的人口分布區域將會在南亞與非洲。

聯合國糧農組織預估，氣候變遷的影響將可能導致額外的 4,200 萬人在 2050 年面臨飢餓困境，這個數字還不包含那些因極端氣候受到疾病或其他問題摧殘的人們，根據聯合國減災辦公室（U.N. Office for Disaster Risk Reduction）指出，受到短期天氣或長期氣候所導致的災害的影響人數，近 20 年比上一個 20 年多出 2 倍。

此外，氣候變遷也會對食物的營養含量造成影響，若空氣中的二氧化碳濃度越

高，如小麥這類糧食作物的營養含量便會越低，FAO 社會與經濟發展部也表示，「不只是糧食作物產量減少，就連食物的營養價值也會降低。」

土地利用解決方案

《世界資源報告（World Resources Report）》資深研究員瑟琴格（Tim Searchinger）表示：「土地利用的解決方案是經由增加每公頃土地中氮和水的施加量，來提高生產食物的效率；此外也應抑制對資源密集型食品的過度需求。」該報告提供了幾個廣泛的解決方案，包括減少食物浪費，被浪費掉的食物占所有食物產量的 1/4 以上，以及停止排水計畫使土地復原。另一項措施是減少食用肉類，以減少甲烷排放。

IPCC 報告的共同作者，也是美國航空暨太空總署高達德太空研究所（NASA Goddard Institute for Space Studies）高級研究科學家羅森茲威格（Cynthia Rosenzweig）指出，在執行重新造林等自然氣候解決方案時，必須與減少土地總體需求方案相結合。「如果自然氣候解決方案與減少土地需求方案相結合，我們就能獲得最大利益，並且避免影響糧食安全。減少肉類飲食，不僅可減少甲烷排放量，而且還有節約土地使用的效果，如果只種植穀物和蔬菜，那麼所使用的土地就會減少。」

導致土地劣化的農業作法，應突顯出其環境成本，除了可以促進對土地的永續管理之外，還可對農民和企業實施財政激勵措施，以更有效地利用土地和管理土壤。瑟琴格說：「只要污染是免費的，人類將被迫繼續承受超出我們負荷能力的污染。」

解決方案彼此之間的關連性？

IPCC 的作者們在報告中總共討論了 40 個具體解決方案，其中有 8 個為各種土地議題提供中度至高度的益處，分別是提高糧食生產率、改善森林管理、減少砍伐森林、增加土壤有機碳含量、強化礦物風化作用（編按：可減緩溫室效應）、飲食習慣改變、減少收穫損失、減少食物浪費。

作者發現，大多數因應方案可在不與可用土地競爭的情況下實施，包括改善作物管理和增加土壤碳含量。其他方法，如飲食習慣改變和減少食物浪費則可以釋出土地。整體而言，其中 17 個方案對永續發展目標或自然對人類的貢獻概念，都沒有任何副作用。

報告的第六章列出土地利用的各種需要取捨之處後，作者認為，全球目前氣候政策與決策未能考量這些取捨。例如，作者注意到水力發電設施可能妨礙魚類活動，太陽能和風力發電場則可能會影響瀕危物種並破壞棲息地。

其中還有一個關鍵訊息：「只有將農業碳排放納入主流氣候政策考量，才能實現本報告中評估的所有減緩潛力。」報告顯示碳定價有機會透過市場或稅收減少溫室氣體排放，但報告也提醒，該產業的效果





印尼雅加達的科學家們正在觀察經過輻射照射開發的新水稻品種，比較它們的優良性狀。（圖片來源：M. Gaspar / IAEA）

仍然相對缺少實證。目前以土地為基礎的策略占《巴黎氣候協議》國家自主減排承諾總量的 1/4，許多方案已經在實施中。

報告的結論是，一系列連貫的氣候與土地政策可推動《巴黎氣候協議》內容，和永續發展目標中與土地相關的目標，並指出我們應嚴肅面對採取行動，且越早越好。

以科技餵飽眾人

面對全球暖化、病蟲害增加造成農產量下降的困境，過去幾年印尼農民使用國家植物突變育種計畫所開發出的新水稻品種，種植出可餵飽 2,000 萬人的稻米。此計畫最早在 1997 年與 FAO / IAEA 開始合作，隨後發展成為全面夥伴關係網絡，最終將輻射照射應用的研究成果帶進農田。

1997 年 FAO / IAEA 糧食與農業核技術聯合司開始第一次育種合作計畫，奠定印尼植物誘發突變育種基礎。「印尼核子技術已應用於生活的各個領域，包括農業。」印尼國家核能局（BATAN）副局長 Suryantoro 表示：「通過放射突變工程研究，BATAN 提升了當地作物品種的品質，目的是使大眾廣泛使用新改良的種子。」此計畫開發出超過 35 種新品種，如大豆和稻米。經輻射育種所產生的新品種是根據當地品種對比改良特徵，如提高產量，縮短栽培時間或對氣候變遷壓力和疾病有更好的對抗性。

例如，BATAN 的 23 個新水稻品種中，有 3 個品種能在較短時間內生產平均超過 150％的水稻量，現在正在印尼全國不同地區廣泛種植。新品種對氣候變遷以及疾病和昆蟲也更具抵抗力，來自印尼萬丹省西朗蓬塘地區的種子栽培者哈米德說：「在我的地區稻飛蝨（planthopper）到處都是，可是新栽植的品種卻能不受稻飛蝨的影響。」

BATAN 的專家將繼續進行研究和開發，擴大植物新品種的數量，並吸收農民回饋的意見，以進一步改善植物的表現。這項研究還將致力於優化植物在當地環境與土壤的生長方式，以及在強風和大雨等不同氣候條件下的運用。

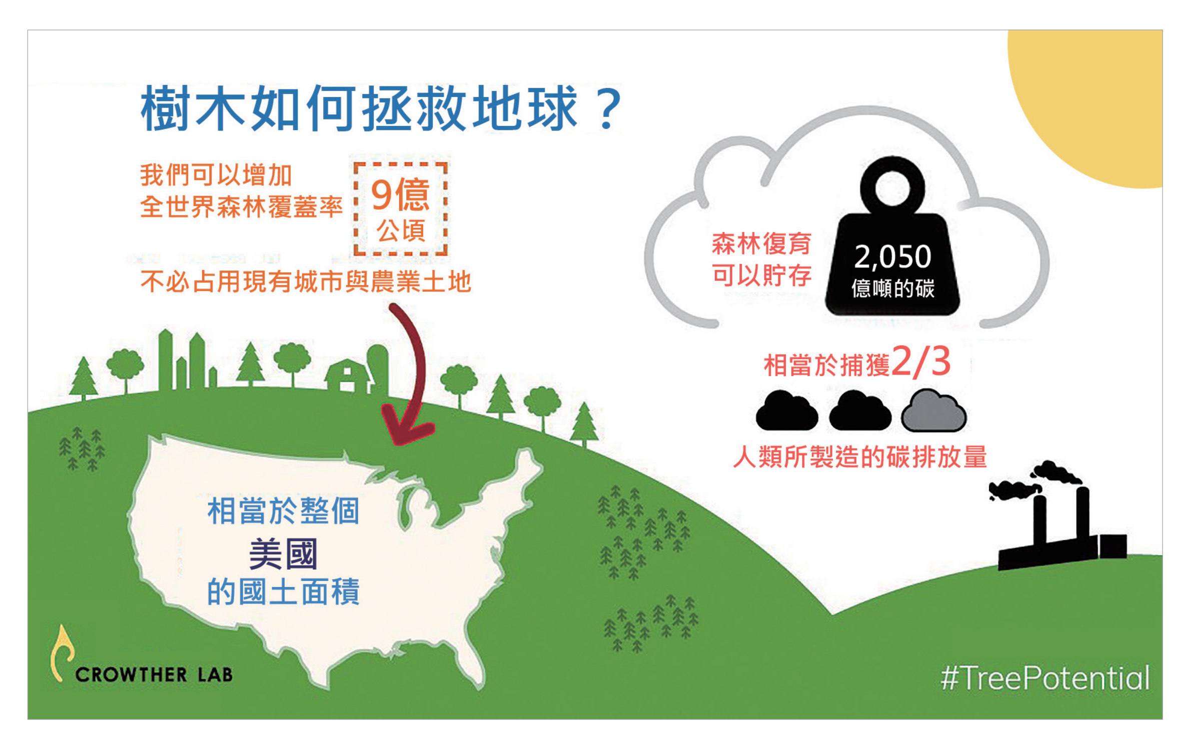
FAO / IAEA 聯合司司長於 2019 年 3 月訪問印尼時說:「在水資源短缺、土壤侵蝕、地力退化和作物歉收不斷擴大的情況下，持續性農業生產從未像現在這樣遇到這麼大的挑戰，藉由有效的植物突變育種計畫將是建設農業永續未來的重要部分。」

在印尼卡塞曼村附近，另一位種子種植者塔堂說：「我們不必使用殺蟲劑，新品種 Mustaban 一旦開出花來，稻米臭蟲就不見蹤影了。」哈米德也補充說：「我所在的地區，飛蝨這種昆蟲無處不在，但當我看到優良的 Mustaban 新品種水稻時，它們完全不受飛蝨病蟲害的影響，我非常感謝上帝。」



印尼農民使用國家植物輻射育種計畫所開發出的新水稻品種，種植出可以餵飽 2,000 萬人的稻米。(圖片來源：BATAN)

參考資料：
1. CNBC, 08/07/2019, UN climate panel urges land use changes to avert food crisis
2. Carbon Brief, 08/08 /2019, This morning in Geneva, the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) published its special report on climate change and land.
3. IAEA, 04/24/2019, From lab to field indonesian scientists develop new crops for farmers using nuclear science
4. PHYS, 10/17/2016, Climate-mn-extreme-poverty



（圖片來源：Crowther Lab）

種植數十億棵樹——因應氣候變遷最佳解決方案

譯 編輯室

一項發表在《科學（Science）》雜誌上的研究，是為了評估在不占用農田或城市土地的情況下，地球還可以乘載多少新造森林。研究得出的數字為 9 億公頃，大約相當於整個美國的國土面積。研究人員總結說，這使得植樹造林成為緩解氣候危機的「最有效解決方案」。

資深研究作者、也是蘇黎世聯邦理工學院（ETH-Zürich）教授克勞瑟（Tom Crowther）說：「我們的研究清楚地表明，森林復育是當今可用的最佳氣候變遷解決方案，它提供了有力的證據證明這是合理的投資。如果我們現在就採取行動，這將使大氣中的二氧化碳量減少多達 25%，達到近一個世紀前的水平。」

新栽種的樹木將可清除約 2,050 億噸的碳，約占工業革命以來人類向大氣中排放的碳的 2/3。

克勞瑟告訴《衛報（The Guardian）》，即使今天就開始植樹，新樹要吸收這 2,050 億噸的碳也需要 50 到 100 年的時間。正如《國家地理（National Geographic）》雜誌所報導的，研究人員發現，即使全球溫度上升的幅度限制在比工業革命前高攝氏 1.5 度以內，到 2050 年，有些熱帶地區有潛力的植樹土地，因為太熱而無法造林，面積大約會減少 1/5。

克勞瑟說，即便如此，還是要立即動手植樹來對抗氣候變遷。這是「一種不需要川普總統立即開始相信氣候變遷，也不需要科學家想辦法將二氧化碳從大氣中吸收出去的解決方案，何況現在就可以啟用，也是最便宜的一種，我們每個人都可以參與其中。」

這項新研究受到聯合國前氣候變遷主管菲格雷斯（Christiana Figueres）的歡迎，他在 2015 年達成《巴黎氣候協議》方面發揮了重要作用。菲格雷斯在一份聲明中表示：「此報告權威地評估我們可以並且應該用多少樹木來覆蓋土地，而不會影響糧食生產或生活的區域。對於政府和民營部門而言，這是極為重要的藍圖。」

聯合國糧食與農業組織助理總幹事卡斯特羅（René Castro）對這項研究的實用性表示讚許。據《衛報》報導，卡斯特羅說：「我們現在有明確的證據顯示，森林可以重新生長，顯示目前有潛力的土地面積，以及它們可以儲存的碳各有多少。」

為了得出結論，研究人員首先查看了大約 80,000 張世界各地受保護森林地區的衛星照片，以評估每座森林中的樹木覆蓋率。然後，他們使用「谷歌地球搜尋引擎（Google Earth Engine）」軟體開發了一個模型，用於預測新樹的生長位置。他們發現，全世界具有造林潛力的地區，有一半以上分布在 6 個國家：中國、美國、俄羅斯、澳洲、加拿大和巴西。

對這項研究來說，速度至關重要，因為隨著地球持續變暖，要搶在有些地區變得過熱之前造林。克勞瑟教授說：「要使新的森林成熟並發揮這種潛力，將需要數十年的時間。而且重要的是，我們必須保護當今已經存在的森林，尋求其他氣候解決方案，並繼續從我們的經濟中逐步淘汰化石燃料。」

但是，巴西的趨勢正朝著相反的方向發展，巴西在總統波索納洛（Jair Bolsonaro）的右翼政府領導下，森林砍伐的速度正在加劇。根據《國家地理》雜誌最近的衛星圖像顯示，亞馬遜森林消失的速度是每分鐘一座足球場大小的面積。

此外，波索納洛還反對原住民對社區森林的擁有權，但是，這種權利也是至關重要的保護：在承認原住民所擁有的森林中，樹木的砍伐率要低得多。

菲律賓坎坎納伊（Kankanaey）部落成員卡林（Joan Carling），也是永續發展原住人民主要組織的聯合召集人，他透過電子郵件告訴《國家地理》雜誌：「我們世世代代以來一直是這些土地的守護

者⋯，我們也瞭解如何使它們恢復健康。我們可以保護土地和資源的安全，防止具破壞性的伐木、採礦、農業企業和其他項目在我們的土地上發生。」

像這種政治現實，就是為什麼有一些科學家批評克勞瑟研究結果過度樂觀的原因。

此外，還有其他的質疑聲浪。英國雷丁大學（University of Reading）教授盧卡克（Martin Lukac）告訴英國廣播公司新聞網（BBC）說：「迄今為止，以種植樹木來吸收人為碳總量的 2/3 聽起來實在是太難了。到目前為止，人類只有藉由縮小人口規模（如俄羅斯），提高農業產業生產率（如西方國家），或是由專制政府直接下令來擴大森林覆蓋率（如中國）。這些活動在全球範圍內是不是可行或是可永續進行，看起來似乎都遙不可及。」

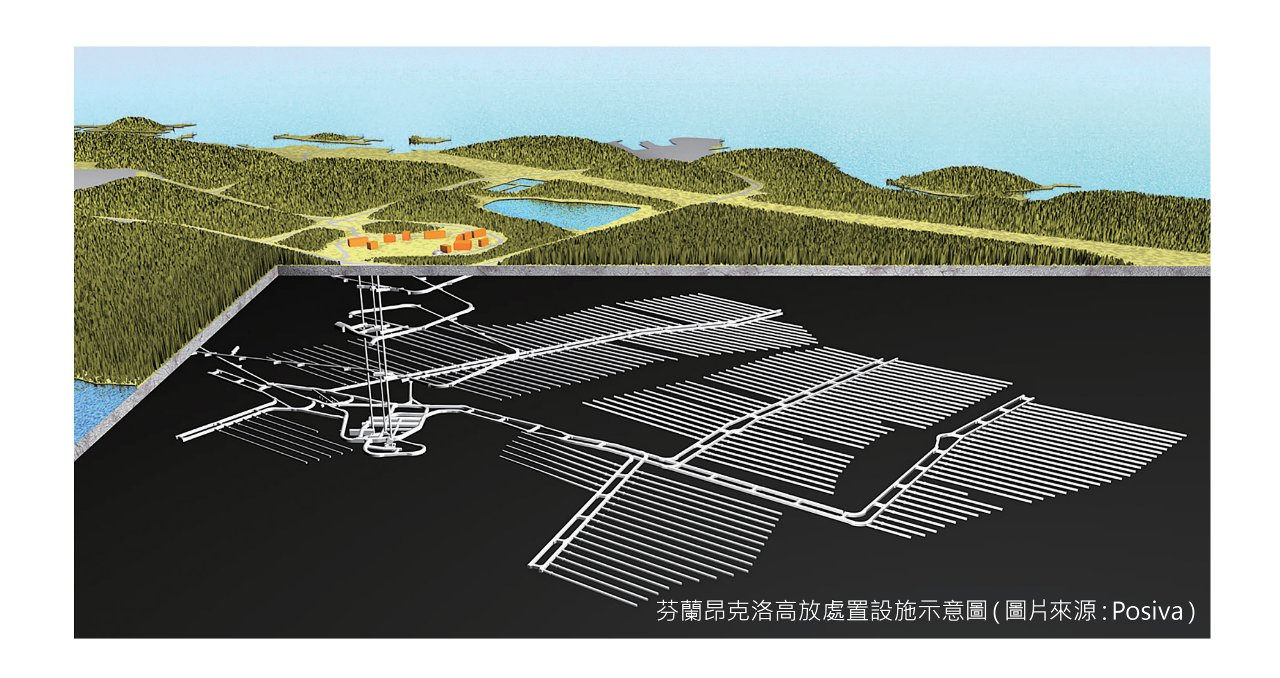
倫敦大學教授路易斯（Simon Lewis）同時表示，此研究聲稱樹木可吸收的碳量太高。他說，這項研究沒有考慮樹木種植之前土壤中已經存在的碳，或者樹木要達到其全部儲存潛力還需要數百年的時間。

不過，《科學》雜誌這篇論文的研究人員強調，植樹並不能取代減少溫室氣體的排放或逐步淘汰化石燃料的使用。克勞瑟對《時代（Time）》周刊也表示：「如果在不減少碳排放的情況下，當然這些方法全都不可行。」



一項新的研究發現，種植超過 5,000 億棵樹可以從大氣中清除大約 25%的現有碳。更重要的是，地球有足夠的空間來進行此活動。

參考資料：
1. https://www.ecowatch.com/climate-change-planting-trees-2639092782.html
2. https://www.bbc.com/news/science-environment-48870920


芬蘭昂克洛高放處置設施示意圖(圖片來源:Posiva)

芬蘭高放處置設施的最新進展

文 編輯室

芬蘭的用過核燃料最終處置是由波西瓦（Posiva Oy）公司負責管理，波西瓦成立於 1995 年，資金分別來自芬蘭兩間核電公司—TVO 的 60% 與佛騰（Fortum）的 40%。波西瓦公司制定出完善的深層地質處置場計畫，在埃烏拉約基（Eurajoki）的歐基盧歐托（Olkiluoto）島，約有 20 億年歷史的火成岩、地下約 400 公尺處建立一處用過核燃料的深層地質處置場。

最終處置設施獲得民意支持

芬蘭政府於 1983 年做出用過核燃料的政策決定之後，隨即進行選址與環境影響評估工作。波西瓦公司在 4 個地點進行詳細的調查，都是有關技術上的適宜性，包含波西瓦公司對最終處置場的環境影響報告書。1999 年，波西瓦公司原則上決定將最終處置設施建在埃烏拉約基市。政府於 2000 年底公布此決定，並於 2001 年 5 月以 159：3 的票數獲得議會的批准。此提案也獲得當地社區的大力支持，而有權否決此決定的埃烏拉約基市議會，也以 20：7 的票數通過。

昂克洛（Onkalo）地下岩石特性調查設施（即地下實驗室）於 2004 年在埃烏拉

約基開工，自建設之初以來，昂克洛一直在進行選址驗證的研究；之後，這個位於歐基盧歐托岩層內、400–450公尺深處便確定成為最終處置場地點。波西瓦公司於2012年12月向管制機構申請處理歐基盧歐托和洛維薩（Loviisa）核電廠用過核燃料的封裝廠以及昂克洛用過核燃料最終處置場的建設許可，核能安全局（STUK）完成計畫審查後，於2015年2月建議政府給予核可。

然而，昂克洛最終處置計畫並不包括接收來自芬諾維瑪（Fennovoima）公司的新電廠—漢希基維（Hanhikivi）的用過核燃料，並且波西瓦公司、TVO公司和佛騰公司都表示不接受芬諾維瑪作為合作夥伴。2012年初，芬蘭政府威脅要根據《核能法》的法律權力，確保將芬諾維瑪公司用過核燃料包括在內，但是當時並沒有打破僵局。2013年1月的工作小組報告則表示，波西瓦和芬諾維瑪公司應該繼續協商，以利用波西瓦的經驗找到用過核燃料最終處置的解決方案。

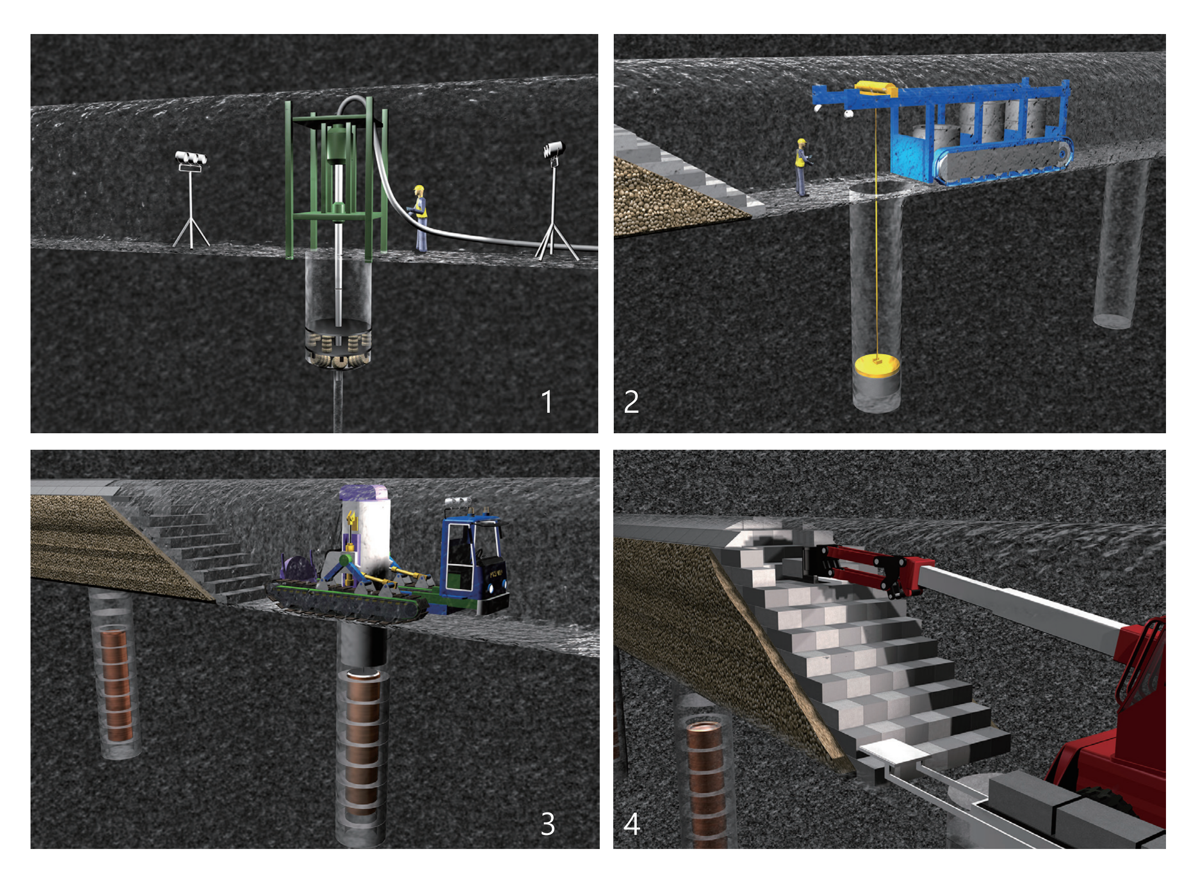
如果要容納芬諾維瑪公司的漢希基維核電廠的高放射性廢棄物，必須擴大歐基盧歐托地下處置場的規模，預計將花費約2億歐元，然而建造另外一座單獨的處置設施則需耗資9-10億歐元。芬蘭能源市場管理局（Energy Market Authority）評估數種可行性方法，但要獲得地方政府與國家的許可和批准，「最方便、最具成本效益的選擇」是擴大歐基盧歐托處置設施的計畫。



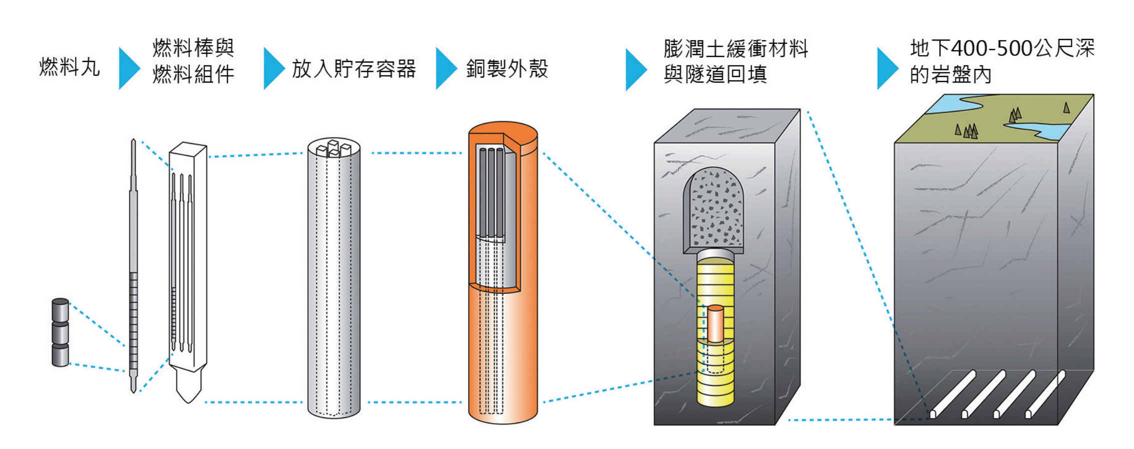




昂克洛地下處置設施入口建造過程與完成(圖片來源:Posiva)



1. 鑽孔；2. 放入膨潤土塊；3. 放入用過核燃料處置容器；4. 隧道回填。(圖片來源 : Posiva)



芬蘭高放處置採用 SKB-3 多重障壁的安全設計 (圖片來源 : Posiva)



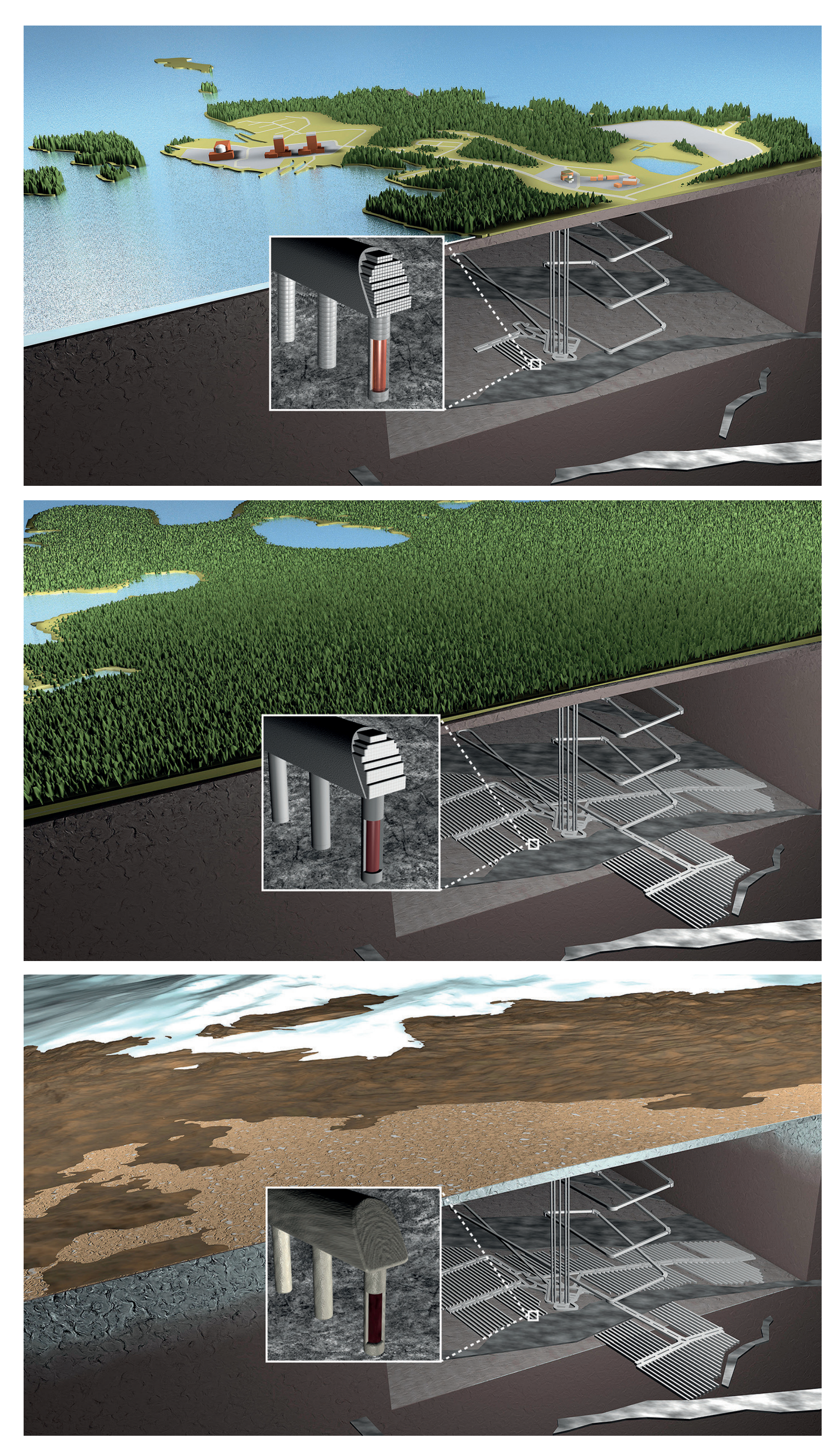
昂克洛地下 420 公尺深的展示隧道 (圖片來源 : Posiva)

因應需求擴大處置場規模

擴建新處置隧道的工程將與營運同時並逐步的進行，波西瓦公司建議將處置場的最終規模從最初的 6,500 噸用過核燃料容量增加到 12,000 噸，這足以容納歐基盧歐托 4 號機 (目前已取消興建) 和計畫中的洛維薩 3 號機的用過核燃料，核能安全局也對這個數字表示贊同。結果 2010 年 7 月，議會僅投票同意擴大到 9,000 噸以容納歐基盧歐托 4 號機的用過核燃料。波西瓦公司對此表示計畫中的處置場將沒有空間存放來自芬諾維瑪公司的用過核燃料。

芬諾維瑪未能與波西瓦公司達成共享昂克洛處置場的協議，遂於 2016 年 6 月宣布將建立自己的用過核燃料處置場，向芬蘭勞動經濟部提交了自己的環境影響評估。地質研究將分別在漢希基維核電廠附近的皮海約基（Pyhajoki），以及在歐基盧歐托核電廠附近的埃烏拉約基進行。預計將在 2040 年代選出處置場的地點，並且可在 2090 年代開始進行處置作業。有趣的是，波西瓦公司新設的子公司 Posiva Solutions 已與芬諾維瑪公司簽訂為期 10 年的合約，將為此計畫提供建議，芬諾維瑪也宣布其目標是與波西瓦公司、TVO 公司和佛騰公司進行長期合作。

芬蘭政府雖然批准了芬諾維瑪公司的環



上：昂克洛高放處置設施，約 2020 年時的示意圖。
中：約 4,000 年後的示意圖。
下：約 10 萬年後的示意圖。(圖片來源：Posiva)

境影響評估報告，但表示最理想的解決方案還是將芬諾維瑪的用過燃料放進歐基盧歐托的昂克洛處置場中。

芬蘭的最終處置將運用多重障壁的「KBS-3 概念」，這是由瑞典核燃料與廢棄物管理公司（SKB）所開發的，將 12 個燃料組件放入一個鑄鐵容器中密封，再將其封存在一個銅製的筒倉（capsule）中，每個筒倉將放置在處置場中獨立的處置孔內，並用膨潤土回填。用過核燃料在處置過程的每個階段中都可依需求再取出利用。

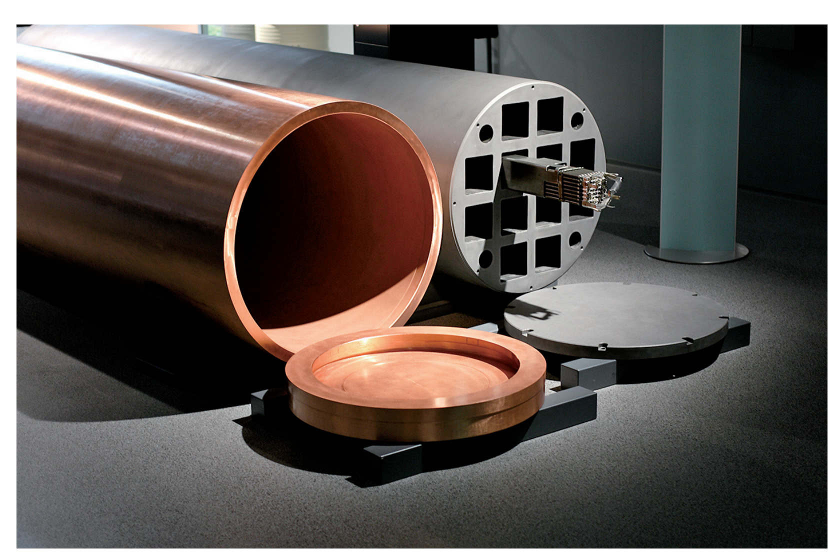
昂克洛處置場測試隧道進入封塞階段

2019 年 5 月 9 日波西瓦公司宣布，在昂克洛地下岩石特性調查設施進行的全面系統測試（full-scale in situ system test, FISST），已進入處置隧道尾端封塞工程的具體階段。

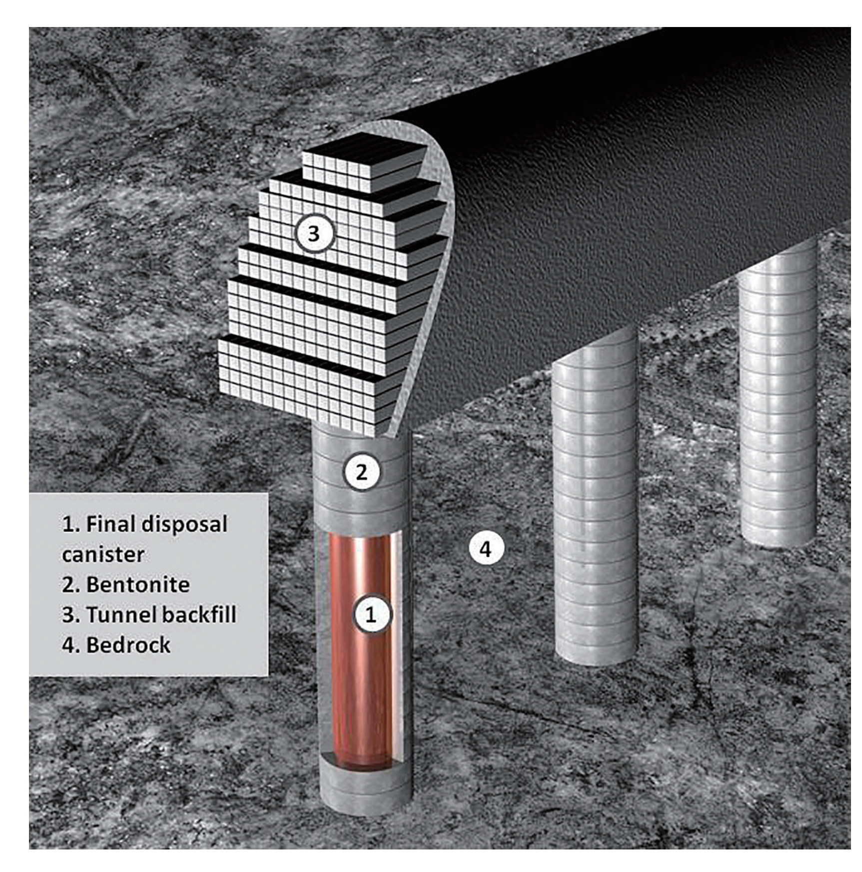
用過核燃料組件裝在銅鋼貯存容器中，放在鑽入岩層的隧道中，再用膨潤土回填隧道，最後用鋼筋混凝土加以密封，FISST 就是為了測試並確保這些防護措施確實發揮功能。這項測試是將兩個測試容器放置在地下約 420 公尺深、50 公尺長的處置隧道內，測試容器內裝有加熱元件，模擬用過核燃料產生的餘熱。波西瓦公司將使用約 500 個感測器監控處置隧道內的狀況，此測試監控階段將會持續數年。

測試容器與緩衝材料於 2018 年夏季放入處置測試孔內，隨後將塊狀和顆粒狀的膨潤土回填處置隧道，回填工作於 12 月初完成。

波西瓦公司表示，測試所需的每個原型設備均由波西瓦製造，並且已經過單獨測試。此測試是全世界這類測試的首例，同樣的，波西瓦的最終處置技術和設備也是「原型」。



波西瓦公司將使用的最終處置容器 (圖片 : Posiva)



芬蘭用過核燃料最終處置的KBS-3 多重障壁概念：
1. 最終處置容器
2. 膨潤土
3. 隧道回填
4. 岩盤
(圖片：Posiva)

一旦 FISST 測試完成，波西瓦公司將進行綜合系統測試，就是對最終處置操作進行測試，但不需要使用真的用過核燃料。這項測試將提供更多有關最終處置過程中各個階段功能的資訊。

綜合系統測試的研究工作於 2017 年 4 月開始，預計於 2022 年完成。波西瓦公司在昂克洛地下約 420 公尺的深度鑽了一個試驗孔，用過核燃料將以大致相同的深度進行處置。

為了進行綜合系統測試，波西瓦公司將開挖一條長約 60 公尺的中央隧道和一條 80 公尺的處置隧道，目的是在處置隧道中鑽 4 個沉積孔。為進行綜合系統測試而開挖的隧道，將比實際最終處置操作時使用的隧道短得多，實際的處置隧道最長可達 350 公尺。

用過核燃料封裝廠開始建設工程

波西瓦公司於 2019 年 6 月在歐基盧歐托核電廠開始用過核燃料封裝廠的建設工程，地下處置設施內系統的安裝也將在短期內開始進行。這座核燃料封裝廠是為了先將用過核燃料裝入貯存容器中，再運送

至地下處置場的隧道，放入以膨潤土作為緩衝材料的處置孔中，進行最終處置。

這座用過核燃料封裝廠預計於 2023 年開始營運，建造成本初步估算約 5 億歐元。這座封裝廠一旦開始營運，用過核燃料將以特殊運輸容器運送至封裝廠，待完成接收作業後，將裝有用過核燃料的運輸容器用機器吊起、烘乾，再將燃料轉移至最終處置貯存容器中，灌入惰性氣體，以鋼製的蓋子將容器密封後，再將外部的貯存容器外殼利用焊接的方式再次密封，最後利用 x 光或是超音波等非破壞性的方法對焊接密封度進行最終檢測。波希瓦公司對此表示，這座封裝廠即使在封裝過程中受到干擾，也不會釋放出任何放射性物質至環境當中，通過最終檢測的貯存容器將會使用起重機或特殊運輸車輛運送至地下的最終處置場。

波西瓦公司表示，這意味著世界上安全的最終處置將在歐基盧歐托首先開始，芬蘭核電行業可以為此感到自豪。在埃烏拉約基市實施的這一項大規模建設計畫的投資成本估算約 5 億歐元，創造就業人口約每年 2,500 人。

處置場建設的進一步合約

2019 年 8 月 29 日波西瓦公司與芬蘭最大的建築公司 YIT 簽訂了一份合約，將在昂克洛處置場進行第二階段的挖掘工作。這份合約價值約 1,700 萬歐元，委託內容包括挖掘另外兩個中央隧道和與之相連的 5 個處置隧道。

合約規定的工作計畫於 2019 年年底開



昂克洛高放處置設施鳥瞰圖，2014 年夏季。(圖片：Posiva)

始，預計將需要大約兩年半的時間才能完成。波西瓦公司說，要開挖的處置隧道在全球來看不僅是獨一無二的，還受到極其嚴格的品質要求。

「我們啟動的這種獨有的 EKA 計畫 (在挖掘隧道後澆灌膠態二氧化矽材料，以密封裂隙，降低岩體的滲透性) 不僅涵蓋最終處置設施的開挖，還包括整個封裝廠，以及在已經挖掘好的空間中安裝最終處置所需要的系統。」波西瓦公司執行長莫卡（Janne Mokka）說。「在這份合約完成後，我們將在昂克洛開挖已獲核能安全局批准的第一批處置隧道，以進行最終處置。」

YIT 公司先前已完成了波西瓦的兩個挖掘合約，2016 年 11 月，波西瓦與 YIT 公司簽署了一份價值約 2,000 萬歐元的合約，涵蓋了大約兩年半的時間，包括開挖處置場的第一條中央隧道，以及車輛出入的連通隧道。這份合約還包括開挖的準備與岩石密封工程，也為將來吊放貯存容器的豎井開挖做準備，之後將再安裝貯存容器的吊掛機。合約中還包括對地下約 430 公尺深的貯存容器接收站進行挖掘工作。

YIT 公司岩石與特殊工程部資深副總經理萊尼（Aleksi Laine）表示：「在之前的合約期間，我們與波西瓦公司的合作非常順利，很高興能夠通過如此具有挑戰性的新合約來延續這種合作關係。YIT 公司在要求嚴苛的隧道建設方面具有豐富的經驗，對於我們來說，這份新合約是運用我們強大專業能力的最好機會。」

雖然昂克洛最終處置場和封裝廠的建設許可執照的初期處置容量都只有 6,500 噸，至少已於 2015 年 11 月獲得芬蘭政府的許可，也於 2016 年底開始處置場的建設工程，預計於 2020 年申請營運許可執照，可望於 2023 年開始運轉。目前波西瓦公司的計畫是在 2120 年封存這座處置場，儘管這將取決於處置場是否接受歐基盧歐托核電廠 3 號機之後新建的反應爐所產生的廢棄物，以及這些反應爐的使用壽命。來自目前 5 個反應爐的用過核燃料最終處置費用，共計約 30 億歐元。

參考資料：
1. WNA Nuclear Power in Finland, Used Fuel disposal
2. World Nuclear News, 09/05/2019 Posiva plugs repository demonstration tunnel
3. World Nuclear News, 06/20/2018 Full scale tests to start soon at Finnish repository
4. Posiva, Press releases, Posiva starts construction of encapsulation plant in Olkiluoto
5. World Nuclear News, 06/25/2019 Work starts on Finnish fuel encapsulation plant
6. World Nuclear News, 08/29/2019 Further contract for Finnish repository construction



2019 台日核電廠除役技術交流研討會台日與會貴賓合影

2019 台日核電廠
除役技術交流研討會

文 **編輯室**

為強化我國核電廠除役安全管制並且促進國際交流，行政院原子能委員會委託核能資訊中心於 108 年 10 月 29、30 日舉辦為期兩天的「2019 台日核電廠除役技術交流研討會」。本次研討會共有產官學研及民眾共計 100 多人參加，研討會首日監察委員張武修委員亦蒞臨與會。

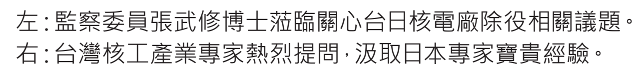
本次研討會邀請日本原子力除役研究會(ANDES)5 位專家：佐藤忠道、柳原 敏、井口幸弘、中村又司、苅込 敏，其專長包括：核電廠除役規劃、除污、拆除 / 切割、輻射防護、放射性廢棄物分類管理與處理等。

與會的國內專家學者則有原能會各局處、核能研究所、台電公司、核一廠、核二廠、清華大學原子科學技術發展中心、中華民國輻射防護協會、泰興工程公司、益鼎工程公









左：監察委員張武修博士蒞臨關心台日核電廠除役相關議題。
右：台灣核工產業專家熱烈提問，汲取日本專家寶貴經驗。

司、中興工程公司、俊鼎公司、媒體記者等，產官學研各界 100 多人踴躍出席，與日方專家的熱烈討論，激盪出智慧的火花。

首先由原能會核管處張欣處長與日本原子力除役研究會事務局長佐藤忠道先生致歡迎詞，雙方都期盼經由本次研討會，促進台日兩國在核電廠除役相關知識與經驗的交流，並藉此提昇核電廠除役安全管制與技術，使安全管制與實務作業更加完備。

在研討會中，日本專家分享日本核電廠除役現況與經驗、日本動力實驗反應爐 (JPDR) 拆除實地試驗的成果、普賢核電廠除役拆除計畫與進度、敦賀 1 號機拆除工作的實績與廢棄物處理、東海核電廠極低放射性廢棄物廠區內壕溝處置等除役的實務經驗。

台灣電力公司與核能研究所亦分別就台灣核電廠除役作業規劃與現況，以及台灣核子反應器設施除役技術與發展等除役相關主題，進行簡報。於專題演講後，日本專家和與會人員亦就除役相關技術與管理等議題進行廣泛、熱烈的討論與交流。

日本專家對於此次研討會雙方交流的內容，深感欣喜，認為是有充分的實務性、非常有意義的研討，對彼此皆有具體的助益。佐藤事務局長表示，自 2016 年起，每年一次的台日核電廠除役研討會已具規模，雖然日本核電廠除役工作起步較早，台灣各方面的積極作為也已迎頭趕上，日後更應持續舉辦除役相關的交流活動，在漫長的除役過程中雙方攜手同行。

在研討會最後，佐藤事務局長以及張欣



佐藤事務局長致詞，未來將持續與台灣進行國際除役議題、技術的交流。

處長綜合兩天來的熱烈研討內容，做出了以下幾點共識：

1. 台日核電廠除役技術交流研討會自 2016 年開始舉辦至今已有 4 年，隨著台日雙方都已進入除役高峰期，預期雙方在未來的研討會中將會對除役相關議題有更廣泛、更深入的交流。

2. 由雙方簡報及討論內容看來，台日至少在用過燃料與各類低放射性廢棄物最終去處的不確定性、符合外釋標準物料的再利用，以及與利害關係人之溝通等 3 個議題上都遭遇到一些尚未完全克服的困難，這也是雙方未來要努力的目標。

3. 不論是核電廠運轉或是除役作業期間，國際經驗的交流與分享均為促進安全的重要一環。鑒於此項會議 4 年來累積的成果，未來雙方都有意願持續對除役作業的規畫、安全管理以及最新技術發展相關資訊進行交流，以精進、強化雙方在除役作業執行面與管制面的技能。


日本原子力除役研究會現任會長：石川迪夫教授

日本原子力除役研究會簡介

文 編輯室

日本國內有關核子設施除役方面的研究機構，首屈一指的就屬原子力除役研究會（Association for Nuclear Decommissioning Study, ANDES），最初是由各個對核子設施除役工作感興趣的產、官、學、研組織，於 1997 年成立的民營獨立研究機構，開始推動除役方面的研究。該會成員可自由交換所屬行業中不同屬性的資訊，收集日本國內外除役計畫資訊，研究除役技術和翻譯資料之類的活動。

具體而言，ANDES 整合了其他國家（主要是美國和歐洲）的除役計畫案例研究，基於安全性和合理性的施工計畫、準確的成本評估研究，以及各個領域的技術。從核電廠壽命管理的角度出發，研究活動的重點是知識的累積與整合，例如，以最佳組合應用的工程研究，瞭解內部與外部除役的趨勢，以及交換和共享相關資訊。因此，ANDES 的目標是開展有助於除役工程師培訓的研究活動。

第一任會長：內藤奎爾（名古屋大學名譽教授，1997-2008）

第二任會長：石川迪夫（東京大學教授退休，原子力技術協會前首席顧問，2009年迄今）

理念與目的

「建立技術基礎」是所有與工程師的工作有關的基本要求，為此，每個工程師必須獲得專門的技能、知識與規範，並進行可有效使用的實務培訓。同時，藉由技術的實現促進社會的繁榮做出貢獻，此外，工程師也要面對技術不足的挑戰而不斷精進；這就需要採取行動，以更廣闊的視野且深入瞭解自然與人類社會，展現技術能力，並堅持工程師的道德操守。

基於此一理念，為促進核子設施除役作業的安全、平穩和合理的發展，ANDES 將致力於培訓與除役相關行業的工程師，以及核工產業領域廣泛的交流與合作。石川會長表示：「除役工作是清除核子設施中的放射性物質，並使之恢復正常狀態的工作。換句話說，它是與放射性相關的工程。」

2011 年 3 月 11 日的東日本大地震，導致福島第一核電廠發展為爐心熔毀事故，進而引發氫爆炸的災難，現已決定 1-4 號機組的除役。要進行核燃料熔化並殘留於反應爐的設施除役（拆除），是極其困難的，但是如果看看歐洲和美國過去發生的案例，就可以憑經驗來完成。這也是利用 ANDES 研究成果的機會。

進行除役工作的關鍵除了技術還是技術。因此，嘗試從廣泛的角度進行進一步研究，例如各個工業領域和技術領域的整合，技術的累積、應用與驗證，對過去實例的具體研究，以及著眼於核電廠生命管理的拆除計畫的制定。

為了安全地進行拆除工作，必須正確認識放射性以及必要的技術系統。希望 ANDES 的所有成員將根據迄今為止的研究成果，通過現場工作來提高他們的技術意識，並成為除役工程師。

日本除役研究會會務包含以下項目：

- 國內外核子設施除役趨勢研究。
- 收集國內外相關技術與資訊，促進人員交流與合作。
- 培訓相關工程師。
- 其他相關業務（包括外包業務）。

ANDES 2019 年會員約有 60 個團體會員 / 74 名個人會員

- 研究機構—7 個（包括 4 個學術機構）
- 電力相關的公司—13 家
- 與製造商有關的公司—11 家
- 建築 / 總承包商—12 家
- 建築公司—10 家
- 與廢棄物 / 運輸有關的公司—3 家
- 技術貿易公司—4 家
- 海外會員—1 家（台灣核能資訊中心）

活動方針

藉由年度講座、研習、小組活動等，學習除役的理想形式並進行研究。同時，開展研究小組活動，以便在收集和調查資訊的同時做出特定的貢獻，進而掌握福島第一核電廠復原與除役的整體情況。

ANDES 固定每個月舉辦研究活動，不定期也會舉行核子設施技術參訪，2019 年的活動內容：

定期研究會

每月舉行一次，每次研究會進行的方式：

1. 主查人員的專題課程
2. 會員的研究發表（內部與外部主題）
3. 執行委員會成員與外部專家的演講

第一次會舉行為期兩天一夜的營地研討會，該研討會旨在獲取後續活動必不可少的基本知識，並加深教師與成員之間的友誼。

在每個講座中，將使用講師創建的最新教材，藉由每次講座，可以從核子設施的基本知識，包括：法律規定、除役計畫、除污 / 拆除技術、廢棄物管理、除污與外釋標準、專業技術術語、資訊來源、除役中的實際設備等，會員可以學習到實用的知識。講座結束後，舉行小組討論和演講，以加深對講座內容的理解。後續進行「主題研習」、「與除役相關的內部與外部主題調查」、「會員公司營運簡介」等活動。

技術參訪活動

「百聞不如一見」，ANDES 經常舉辦參訪活動，有助於對除役作業的瞭解。參訪設施之前，相關的主題將在常規研討會上預先學習。2019 年舉辦的核子設施參訪有以下：

08/29：六所村參訪。

10/2-3：美浜 / 敦賀 / 普賢核電廠參訪。

10/24：福島第一核電廠參訪。

初學者強化研討會、與海外的資訊交流

如果有即時的主題 / 機會，ANDES 將提出相應的計畫以促進成員的研究活動。

分科委員會的活動

「海外數據資料庫委員會」、「成本評估委員會」和「現場任務安排」，任務小組的活動延續上一年度持續進行。ANDES 會員可自由參與各研究主題，總結的結論將回饋給研究小組。

專題研究

根據每個研究主題分組，在每個小組中安排一名導師，所有會員在各自的小組內討論研究。在每年年底將舉辦一個研討會，對研究主題進行匯整與介紹。

1. 研究主題：除役計畫管理、除役法規和準則、事故反應爐除役、正常反應爐除役、除役技術等。

2. 資料來源：《 ASME 2004 除役手冊》，《 EPRI 2001 除役預計畫手冊》，《三哩島 2 號機組的除污》，IAEA 核能叢書 第 NW–T–2.8 號，2016 年，NEA / RWM / R（2011）1、2 等。

ANDES 網站中即時更新日本國內外有關核子設施的最新動態，例如：

[2019/09/30]「世界除役資料庫」更新：台灣金山 2 號反應爐於 7 月 16 日關閉。同樣在 9 月 20 日，美國的三哩島 1 號反應爐已關閉。目前全世界封閉式發電反應爐的總數為 178 座。







自 2016 年起，每年舉辦的台日核電廠除役技術交流研討會 ANDES 均會派出專家分享寶貴的實務經驗。



日本原子力除役研究會每月舉辦研究會，不定期辦理除役設施的技術參訪活動。

參考資料 : http://www.decomiken.org/index.html

該會網站上彙整了世界各國核子設施除役最新現況資料庫，完整而實用。出版物則有：

- 2004 ASME DECOMI 手冊，日語版。
- 「反應爐除役的方式」新版本（石川迪夫編寫，講談社出版，2011 年）。
- 專題：反應爐除役技術趨勢，《電氣評論》，2016 年 11 月再刷。

研究成果

- 引進「大型設備的整體拆除與分體式切割的選擇」（2014 年度研究摘要）。
- 介紹「使用績效指標的除役計畫管理方法」（2013 年度研究摘要）。
- 《能源評論（Energy Review）》雜誌系列文章—「什麼是核子設施除役」，共 15 回。以通俗易懂的文字說明核子設施除役的各種概念，使一般讀者易於理解。





核能資訊中心與日本原子力除役研究會簽訂合作備忘錄，未來將就除役技術進行實質具體的交流。

核能資訊中心與日本原子力除役研究會簽訂合作備忘錄

文 **編輯室**

有鑑於我國核一廠已正式進入除役階段，核子設施除役成為全民關注的焦點，產官學研各界對除役各項作業的知識與經驗需求日增，財團法人核能資訊中心與日本原子力除役研究會（ANDES）於 2019 年 10 月 28 日簽訂合作備忘錄，雙方據此進行資訊交流，人員互訪、進修、研習等，進行實質的交流活動。

自 2016 年起，核能資訊中心接受政府委託，舉辦台日核電廠除役技術交流研討會，即與 ANDES 合作至今，核能資訊中心已連續兩年帶團前往日本研習核電廠除役專業課程，並實地參訪正在進行除役作業的浜岡核電廠與敦賀核電廠，與電廠工作人員現場交流請益，這些規劃與行程安排，也是透過 ANDES 的居中協助。

日方由佐藤事務局長代表簽署合作備忘錄，他表示：「由於核子設施除役和放射性

廢棄物管理已日益成為重要課題，對於台灣和日本的核工產業來說，執行除役與放射性廢棄物管理的計畫，最需要的是有效且實用的資訊交流。我們希望合作備忘錄簽訂之後，將使雙方原本就已親密的溝通與合作關係能更加活躍。」

核能資訊中心董事長郭瓊文博士則強調，很榮幸能邀請 ANDES 的專家參加台日核電廠除役交流研討會，尤其這已經是連續第 4 年舉辦了。感謝 ANDES 的專家們對台灣除役工作的貢獻。我們很榮幸能與 ANDES 簽署合作備忘錄，希望未來能進行更有效、更頻繁的資訊交流。多年來台灣接收到的日方經驗非常寶貴，相信可以幫助我們精進、改善核電廠的除役工作。

近年來核能資訊中心舉辦除役技術交流相關活動如下：

2015 年核設施除役技術研討會

2015 年 3 月 18–19 日舉行研討會，並參訪核一廠，邀請美國電力研究院（EPRI）Rick Reid 博士、美國 Zion Solutions 公司 Linda Chou、日本京都大學教授石井裕剛，共計 3 位專家。

2016 年台日核電廠除役技術交流研討會

11 月 22–24 日舉行技術交流研討會，並參訪核一廠，邀請 ANDES 石川迪夫會長、柳原 敏、佐藤忠道、澁谷 進、苅込 敏，共 5 位專家；隨行廠商則有第一刀具、鹿島建設、三菱重工、東芝、島津製造所等，因此另闢有「日本除役技術實務介紹展示區」，提供台日廠商技術交流的場域。後續還與台電公司舉行技術交流討論會。

2017 年台日核電廠除役技術交流研討會

11 月 14–16 日舉行技術交流研討會，並參訪核一廠，邀請 ANDES 石川迪夫會長、佐藤忠道、毛利直人、苅込 敏、高橋忠克，共 5 位專家；隨行廠商有三菱重工、東芝、日立 GE、鹿島建設、清水建設、東電設計、原燃運輸等，後續於核能研究所舉辦廠商技術說明會。

2018 年除役實務研修課程

6 月 4–8 日核能資訊中心率我國代表團 5 人前往日本東京參與 ANDES 的除役實務研修課程，並參訪浜岡核電廠與現場研習。

2018 年台日核電廠除役技術交流研討會

9 月 11–13 日舉行技術交流研討會，並參訪核一廠，邀請 ANDES 佐藤忠道、柳原 敏、苅込 敏、小栗第一郎、土屋智子，共 5 位專家。

2019 年除役實務研修課程

6 月 3–7 日核能資訊中心率我國代表團 5 人前往日本福井縣參與 ANDES 的除役實務研修課程，並參訪敦賀核電廠與現場研習。

2019 年台日核電廠除役技術交流研討會

10 月 29–30 日舉行技術交流研討會，邀請 ANDES 佐藤忠道、柳原 敏、井口幸弘、中村又司、苅込 敏，共 5 位專家。

與日本 ANDES 簽訂合作備忘錄後，將有助於核能資訊中心提供國內產、官、學、研各領域對於核子設施除役相關需求的服務，協助我國核子設施除役能如期如質順利完成。



水果有助於燃燒卡路里和脂肪

文 **編輯室**

常見於莓果、葡萄等水果中，一種多酚類叫白藜蘆醇的抗氧化劑，似乎能將多餘的不健康白色脂肪，轉換成能幫助燃燒熱量的米色脂肪。這項新的研究或許對於肥胖的防治與治療會是一項新的契機。

目前普遍的認知是當我們吃得太多，多餘的脂肪便會以白色脂肪的形式儲存，而當脂肪量多到一個程度的時候，白色脂肪細胞會因飽和無法再變大，而這樣的細胞會超過負荷然後死亡，進而釋出毒素，導致發炎現象，造成一些健康的問題，如胰島素阻抗及糖尿病。

美國華盛頓州立大學研究人員給予小鼠高脂飲食，並且每天給予受試小鼠相當於人類食用 12 盎司水果所得到的白藜蘆醇的量。結果發現，給予白藜蘆醇的小鼠較未給予的小鼠減少 40% 因高脂飲食而引起的肥胖，這項研究發表於國際期刊《肥胖（Obesity）》。研究也發現白藜蘆醇會促使小鼠將體內多餘的白色脂肪轉化為

能夠燃燒熱量的米色脂肪，這是藉由活化一種會調節身體能量代謝，稱為 AMPK 的酵素而產生的。

過去科學家一直認為人體中僅含有兩種類型的脂肪，一種是儲存能量的白色脂肪，一種是能夠燃燒脂肪產生能量的棕色脂肪。直到最近幾年，科學家才發現還有一種米色脂肪，是由白色脂肪褐化形成，功能與棕色脂肪類似，能夠消耗脂肪、產生熱量。所以多吃含有多酚類抗氧化劑水果，或許對於肥胖的防治與治療將會是一項新的契機。

年長者要吃高蛋白質的飲食

2014 年 3 月發表於《美國老人學會期刊（Journal of the American Geriatrics Society）》的新研究，追蹤 1,007 名平均年齡為 67.4 歲的男性和女性，追蹤其飲食與整體健康狀況 7 年。結果發現，動物性蛋白質對年長者的「敏銳度的維持」特別有幫助。攝取最高量「動物性蛋白」的男性組別，其認知能力下降的狀況較攝取最低者減少將近 40%。研究中，未發現不同性別攝取「植物性蛋白質」與認知能力降低的相關性。

研究人員指出，老化可能會降低身體對蛋白質的吸收或處理能力，因而蛋白質的需要量隨著年齡的增長而增加。蛋白質的攝入量可做為早期偵測及預防老年人功能下降的指標 。

* 提醒：腎臟功能不佳者，需注意蛋白質攝取量！

（本單元資料來源：台北喜悅健康診所提供）



美國能源部與核管會
攜手布署進步型反應爐

譯 **編輯室**

美國能源部與核能管制委員會共同簽署備忘錄，為了加速布署進步型核子技術，將共享技術專業與運算資源。

備忘錄中載明，「備忘錄的主要目標在整合能源部與核管會在技術面的準備情況，並透過國家反應爐創新中心(National Reactor Innovation Center, NRIC)共享進步型反應爐技術與核能創新的專業與知識。」

國家反應爐創新中心乃由2017年《核能創新能力法案》催生，讓能源部藉由與民間企業的合作，能為進步型反應爐示範研究設施選址。這座創新中心落在愛達荷國家實驗室，負責執行能源部「加速核能創新通道」(Gateway for Accelerated Innovation in Nuclear, GAIN)計畫。GAIN計畫讓美國國家實驗室與核工業攜手合作，加速開發進步型核子技術，推動商業化運用。往後當開發者進入商業化階段後期時，國家反應爐創新中心將會協助整合核工業、聯邦機構、國家實驗室與大學進行測試與概念開發。

能源部表示，與核管會的備忘錄「能結合能源部國家實驗室的研發能力與核管會的管制專業，協助加速進步型反應爐的研發與執照發放。」

依據備忘錄內容，能源部與核管會將會共享技術資訊與專業知能。除此之外，核管會也可運用國家反應爐創新中心的研發成果，如最先進的高性能電腦，支援進步型反應爐的發照。核管會也得以利用能源部設施，觀摩學習新核子技術的研發。

在管制領域方面，核管會可以提供能源部與核工業界有關進步型反應爐技術法規、指引與發照流程的資訊。能源部則可引導進步型反應爐潛在的執照申請者，使其更清楚發照流程。

「美國有可以帶領全球發展次世代反應爐的科技、專業與設施。」能源部巴朗威爾(Rita Baranwal)博士這樣說，「此番能源部與核管會攜手合作，是確保美國核子科技可以儘快在國內外運用，讓全世界可以用到乾淨可靠的能源，往前邁進關鍵的一步。」

資料來源：
https://www.world-nuclear-news.org/Articles/DOE-NRC-collaborate-on-advanced-reactor-deployment

巴西安格拉核電廠 3 號機 尋找建廠合作夥伴

譯 **編輯室**

巴西國營核電公司董事長季馬瑞斯 (Leonam Guimaraes) 向路透社透露，巴西計畫與中國核工業集團 (CNNC)、法國電力公司 (EDF) 或是俄羅斯國家原子能公司 (Rosatom) 合作，攜手完成安格拉 (Angra) 核電廠 3 號機進度落後的工程。巴西國營核電公司將在 2019 年底之前決定，是否要成立合資子公司，或讓國外合作夥伴成為巴西國營核電公司的股東，持有安格拉核電廠 1、2 號機的少數股份。

季馬瑞斯表示，未來的合作夥伴口袋一定要夠深－安格拉 3 號機除了原本已投入的 22 億美元外，勢必得再花上 37 億美元才能完工。「我們在尋找有意願投資安格拉 3 號機完工案的國外合作夥伴。合作夥伴將可擁有機組部分股份，直到它壽終正寢。」巴西法律規定，合夥廠商不可握有超過 50% 的股權。

巴西國營核電公司已於 2019 年 6 月邀請 10 家外國廠商，為投資安格拉 3 號機的市場試水溫，其中 7 家廠商表示有意投資，其中中國核工業集團、法國電力公司及俄羅斯國營核電公司展現出極大的興趣。美國西屋和最大股東為法國電力公司的法馬通也表達有此意願。但季馬瑞斯表示，西屋和法馬通為核能技術供應商，而巴西國營核電公司比較希望能找到可協助興建安格拉 3 號機的合作夥伴。韓國電力營造公司 (Kepco Engineering and Construction) 與中國國家電力投資集團雖有意願加入，但沒有給出非常強力的承諾。

安格拉 3 號機於 1980 年代規劃興建，後因資金缺口而停工。機組好不容易於 2010 年復工，卻又因 2015 年巴西國營核電公司發生貪污醜聞，停止付款給承包商，其中苦主就包括法商亞瑞華。安格拉 3 號機目前進度完成 70%，反應爐設備已購入 80% 並且暫存。每年光是維護廠址及保險的費用，就要花費 600 萬美元。其中還不包括興建機組向巴西國家社會經濟發展銀行 (BNDES) 貸款 24.7 億美元所衍生的利息。巴西國營核電公司是政府計畫民營的國營電力公司 Eletrobras 旗下的子公司，只是核能的部分將分拆並且持續維持國營。

巴西計畫在未來提升核能發電量，並已找到兩個潛在廠址，地點分別位在東北部伯南布哥州與東南部米納斯吉拉斯州。

資料來源：
https://www.neimagazine.com/news/newsbrazil-seeks-partners-to-complete-angra-3-7478476

法國最老核電廠將於 2020 年中關閉

譯 **編輯室**

法國環境部（Ecological and Inclusive Transition）國務秘書瓦爾貢（Emmanuelle Wargon）近日表示，位於東部的費森海姆（Fessenheim）核電廠 1、2 號機將分別於 2020 年 2 月和 2020 年 6 月永久關閉。其關閉的時間曾被設定為與弗拉芒威爾（Flamanville）核電廠 EPR 機組啟動的時間相同，現在這座機組啟動的時間已被延遲到 2022 年底。

瓦爾貢說，費森海姆核電廠是法國最古老的反應爐，將於 2020 年夏季分兩個階段停止運轉。她說 1 號機將在 2 月底關閉，2 號機將在 6 月底關閉。她在科爾馬（Colmar）的費森海姆區域經濟發展計畫指導委員會的會議上發言，旨在啟動此地區的計畫，以抵消核電廠關閉為當地帶來的經濟與社會衝擊。

法新社報導，這些日期與 2018 年 2 月法國環境部提出的日期略有不同，當時的部長戴扈傑（François de Rugy）曾提到費森海姆核電廠 1 號機的關閉日期為 2020 年 3 月，2 號機的關閉日期則為 2020 年 8 月。

法國前總統歐蘭德（Francois Hollande）在 2012 年大選時承諾，到 2025 年將核能在法國發電量中的比重限制在 50%，並在費森海姆運轉期限屆滿之前 5 年即關閉這座電廠，也就是 2017 年 5 月。在 2014 年 6 月的全國能源辯論中，歐蘭德政府重申法國的核能發電量將被限制在目前的 6,320 萬瓩，到 2025 年，核電在法國電力總產量將不超過 50%。接著 2015 年 8 月通過了《法國綠色能源增長轉型法》。目前核能占法國全國總發電量將近 75%。

新能源政策雖然沒有要求關閉任何目前正在運轉的反應爐，但意味著法國電力公司 (EDF) 必須關閉舊反應爐，才有餘裕讓新反應爐投入運轉。法國電力公司正在弗拉芒維爾 3 號機建造一座 165 萬瓩的 EPR 反應爐，未來將被迫關閉同等裝置容量的機組，很可能就是費森海姆核電廠這兩座，以便開始運轉弗拉芒維爾新機組。

馬克宏（Emmanuel Macron）當選現任總統時承諾，會尊重歐蘭德政府的目標。不過，他表示法國削減核電的步伐不能太快，必須先確保國家能源主權的獨立性。

2018 年 11 月在愛麗舍宮發表的演講中，馬克宏澄清了法國能源轉型的作法：





左：費森海姆核電廠內部情形（圖片來源：EDF）；右：費森海姆的兩個 88 萬瓩壓水式反應爐分別於 1977 年和 1978 年開始運轉（圖片來源：ASN）

到 2035 年有 14 座 90 萬瓩容量的反應爐將關閉，靠近德國邊境的費森海姆核電廠將於 2020 年春季關閉，接著 2025、2026 年關閉兩個反應爐，2027、2028 年再關閉另外兩個反應爐。其餘 8 座 90 萬瓩容量的反應爐將在 2035 年之前陸續關閉。但馬克宏表示，不會完全關閉任何現有運轉中核電機組的核電廠。

關閉反應爐的時間表將取決於法國能源結構的轉變，包括計畫增加再生能源以及擴大與鄰國電網的互連能力。馬克宏說，只有在「確保供應安全」的條件下，才能關閉反應爐。鄰國也需要加快能源轉型，減少燃煤電廠的發電量，並「大規模」開發再生能源，這將有助於歐洲市場的電價較為低廉。

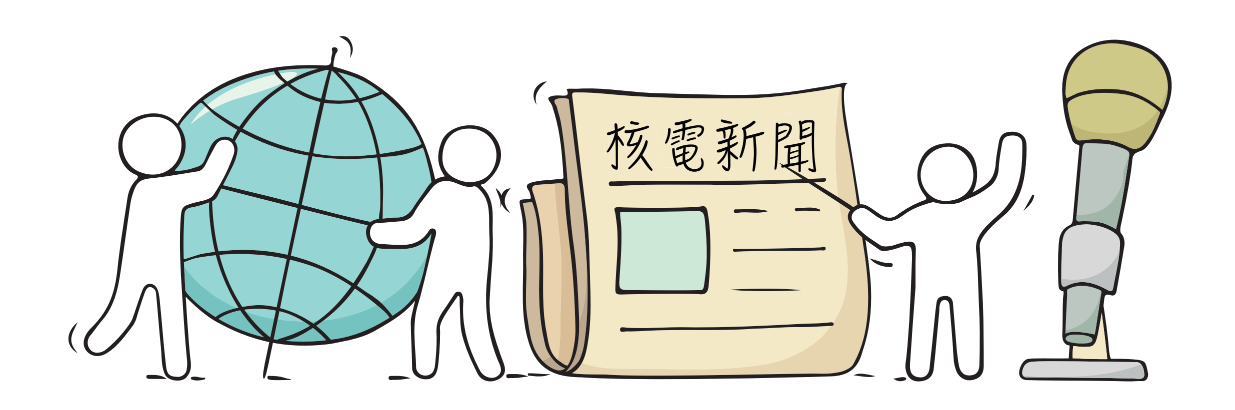
根據 2019 年 5 月提出的《能源與氣候法案》草案，法國將削減電力結構中核電占比幅度的計畫，從目前 2025 年的目標往後延遲到 2035 年。此議案於 2019 年 4 月 30 日由前部長戴扈傑提交至部長會議，希望可藉由這個框架來轉變法國的能源結構，因為降低核電占比將需要建造新的燃氣電廠，導致法國的溫室氣體排放量增加。

馬克宏說，他已要求國營的法國電力公司制訂新的核電計畫，法國政府也將與法國電力公司共同開展一項工作計畫，內容包括核能產業的工業潛力、EPR 反應爐設計的「經濟優化」、新反應爐廢棄物的處理、財務模式以及監管與法律程序等。此外，法國政府將於 2021 年做出是否新建核電廠的決定。

法國弗拉芒維爾 EPR 原本預計在 2019 年年底可裝填燃料，但是法國電力公司在 6 月時表示，由於必要的主側迴路焊縫維修，此機組的啟動可能會往後延到 2022 年年底。

資料來源：

1. WNN, 08/27/2019, Fessenheim plant to shut by mid 2020.
2. WNN, 27/11/2018, Macron clarifies French energy plans.
3. WNN, 02/05/2019, French bill delays nuclear reduction by ten years.



國外新聞

俄羅斯新沃羅涅日第二核電廠 2 號機提前進入商轉

俄羅斯國家原子能公司（Rosatom）於 11 月 1 日宣布，西南部的新沃羅涅日第二核電廠（Novovoronezh II）2 號機，比預期提早 30 天進入商轉，使該廠發電容量提升 1.5 倍，並為當地經濟注入強心針。有了這部 VVER-1200 型機組生力軍加入，使得俄羅斯商轉的反應爐數量來到 36 部。

新沃羅涅日第二核電廠 2 號機於 2019 年 3 月 22 日首次達到最低控制功率水準，隨後在 5 月 1 日首次連接電網、6 月開始試運轉、9 月 16 日完成驗收測試。俄羅斯國家原子能公司強調，這部機組自併網以來，已經產出 25 億度的電力，也是繼 1 號機 (2016 年) 與列寧格勒第一核電廠 1 號機 (2017 年) 之後，第 3 部商轉的 VVER-1200 型反應爐。列寧格勒第一核電廠 2 號機則預計將在 2020 年 3 月裝填燃料。

俄羅斯國家原子能公司營運管理部首席副總經理亞歷山大羅金 (Alexander Lokshin) 表示，「我們動員幾百位核能專家投入此計畫。俄羅斯能源系統有了新的供電生力軍加入，現在我們也能把這種雙機組核電廠的設計，當作海外核電廠建設計畫的參考。」他進一步指出，「我們累積了大量的建築、生產組織、採購、供應與財務方面的經驗，這些經驗在興建核電廠，面對現代市場需求和大規模的挑戰時很重要。」

俄羅斯國營核電公司在孟加拉、白俄羅斯、中國、芬蘭和匈牙利都有 VVER-1200 機組建造計畫。該公司表示，他們海外訂單總數已達到 36 部，橫跨 12 個國家。

新沃羅涅日核電廠的 5 部機組於 1964 年至 1980 年間商轉，其中 1、2 號機分別在 1988 年與 1990 年除役。3 號機於 2016 年除役，同時 4 號機進行機組現代化而關閉並重啟運轉。5 號機則於最近進行機組改良，可運轉至 2035 年。

World Nuclear News, 11/01/2019

瑞典管制機關建議核可處置場擴建案

瑞典輻射安全局 (The Swedish Radiation Safety Authority) 於 10 月 24 日表示，瑞典核燃料與廢棄物管理公司 (SKB) 之中低放射性廢棄物處置場 (SFR) 的續營與擴建申請案，已完成審查並推薦政府核可。審查報告指出，SKB 公司處置場擴建的建造與營運方式，輻射安全可獲保障；該公司選擇的最終處置方法，在場址封閉後也能確保輻射安全。正式審查結果已送交瑞典政府。

2014 年 12 月，SKB 公司向瑞典管制機關申請佛斯馬克核電廠附近的 SFR 處置場擴建執照。擴建處置場的目的，是為了接收更多來自拆除核電廠產生的廢棄物。此次申請案是希望政府同意 SFR 中低放射性廢棄物最終處置設施，能在運轉的同時一邊擴建。

瑞典輻安局處長吉哈森 (Ansi Gerhardsson) 說，「我們的審查報告顯示，SKB 公司處置場擴建的興建與營運方式，輻射安全可獲保障；而他們選擇的最終處置方法，在場址封閉後也能確保輻射安全。我們也考量到執照申請案包含的不僅是一座在管制機關監督下營運超過 30 年的設施，還有擴建的區域，因此在審查的過程中，會有很多有趣的議題被提出來討論。」

瑞典輻安局也建議，政府在核發處置場營、運擴建申請案的執照時，須加上一些條件。舉例來說，政府須限制處置場可接收的放射性廢棄物質，且在瑞典輻安局尚未審查、核可更深入及最新的安全分析報告之前，SKB 公司不可進行試營運、常規營運或是關閉處置場。

Nuclear Engineering International, 10/29/2019

福建漳州核電廠首部機組正式開工

中國核工業集團宣布，福建漳州核電廠首部華龍一號機組，在收到建設執照一週後正式開工。

漳州核電廠 1、2 號機於 10 月 9 日獲得中國生態環境部發給建設執照，有效期限為 10 年。機組由中核集團和中國國電集團公司按 51%、49% 的持股比例，共同出資興建。

中核集團對上海股票交易所發布訊息表示，10 月 16 日已進行首次核島混凝土澆築。漳州核電廠第一期建設原按照最初規劃，採用兩部 AP1000 型機組，並在 2014 年 5 月獲地方政府通過，國家核安全局也在 2015 年 12 月核可並且確認廠址，工程原訂於 2017 年 5 月展開，但中核集團後來決定改採華龍一號設計。目前已規劃漳州核電廠二期工程使用 2 部華龍一號機組、三期工程也是 2 部。

2016 年底，德國 KSB 集團獲得漳州 1、2 號機的 6 個反應爐冷卻水泵訂單，預計在 2020 與 2021 年交貨。2017 年中，中國核工業二四建設有限公司則拿到核島土木工程合約。

「漳州核電廠一期工程是在參考電廠基礎上進行了多項設計改良和優化，進一步提升了機組的安全性和經濟效益。」中核集團這樣說。漳州 1 號機是中核集團興建中的第 5 部華龍一號機組，正式開啟量產同型機組計畫。「中核集團華龍一號 4 個示範工程，

在國內外進展有序。」該公司指出。

中核集團目前在福建省福清核電廠興建 2 部華龍一號，同時間，中國廣核集團也在廣西省防城港核電廠興建 2 部。4 部機組預定在 2020 年底前可商轉。

華龍一號在海外市場以 HPR1000 為代號，目前在巴基斯坦卡拉奇核電廠有 2 部機組興建中，預計分別可於 2021 年與 2022 年商轉。中國廣核集團在英國布拉德維爾的核電廠計畫，則提出採用英國版本的 HPR1000 設計方案。

World Nuclear News, 10/17/2019

中國首部鉛鉍合金實驗反應爐啓動

中國原子能科學研究院宣布，該國首部鉛鉍合金 (lead-bismuth alloy) 零功率實驗反應爐「啟明星 III 號」在 10 月 9 日首次達到臨界。這是中國大陸核能研發重要的里程碑，代表該國爐心物理實驗已進入液態金屬冷卻式快反應爐領域。中國原科研究院接下來將進行一連串的實驗，以獲得可用在鉛鉍合金快反應爐研發設計上的爐心參數。

「這部反應爐設計目的在克服鉛鉍快反應爐工程上的關鍵困難。」中國原科研究院指出，「核燃料和鉛鉍合金冷卻劑的交互作用，可在大型鉛鉍合金冷卻劑精確建構出來，我們也能更準確的模擬鉛鉍反應爐的爐心物理特性。」中國鉛鉍快滋生反應爐的研發，現在「從物理基礎研發階段進入了工程階段」。

該院表示，鉛鉍快滋生反應爐可以設計成發電容量約為百萬瓩的大型核電廠，或是只有幾千瓩的小型模組化電力來源。小型機組可以應用在海上石油探勘平台、離島開發，為偏遠地區或是大數據中心供電。

中國原科研究院說明，該院是中國唯一研究液態金屬冷卻快反應爐的研發中心。2005 年 7 月，中國第一部快熱耦合 ADS 次臨界反應爐啟明星 I 號在院內建成。2016 年 12 月，中國大陸首部鉛基雙核心零功率裝置啟明星 II 號，首次在該院達到臨界。啟明星 III 號則歷時兩年完成。

由中國原科研究院與中國科學院近代物理研究所共同開發的零功率 ADS 核轉換系統，未來將會用在將長半衰期放射性廢棄物，轉換成短半衰期的研究上。

World Nuclear News, 10/16/2019



原來變電箱也可以這麼美！

台電超狂，變電箱也可以辦展覽！你討厭蜘蛛網電線布滿天，也覺得路上變電箱擋路又礙眼？大多人都喜歡電線地下化，但你知道這些變電箱其實是地下化的必備設備嗎？全國目前共有 139 萬具變電箱，肩負把高壓電轉換成家用電壓的重責大任，與民眾生活密不可分。台電首度在台北市信義區與台北市政府文化局合辦「變電箱科普特展」，是全台史上第一個變電箱主題展覽。

現場除了展示各種新舊彩繪塗裝變電箱，2020 年全新配色也將首次展出，甚至把整根電線桿搬到展場，還可體驗穿著台電工作裝備來張「職人照」，看展之餘也可瞭解電從哪裡來。

台電指出，路上常見的變電箱，正式名稱叫「亭置式變壓器」，因發電廠多離用戶較遠，電力輸送過程會因導線電阻而產生耗損，因此台電與全世界電力公司都以耗損較小的高壓電輸送 (電壓越高電流越小，耗損也小)，確保民眾用電品質，而變電箱扮演輸送電力「最後一哩」的關鍵角色，將高壓電轉換成符合家庭電壓的 110、220 伏特低壓電，每個人才有電可用，這也是為什麼在用電量多的都市鬧區，變電箱也越多。

台電自 1965 年即啟動「電線地下化」計畫，全國至今完成約 56 萬公里電線下地，並設有 54.8 萬具地面型變電箱，平時常被當作鄰避措施；但這些「有苦說不出」的變電箱，除了協助轉換電壓供民眾用電，也是電線下地後便於搶修復電的必要設備；目前如台北電線地下化程度已達 85%，因地下化費用較高，日本東京才 47.5%。

現場展示 2020 年全新變電箱配色，希望變電箱除了是民眾用電設備，也可以成為街道美學的一份子。台電「美感電域 - 變電箱科普特展」自 2019 年 11 月 17 日至 12 月 8 日結束。

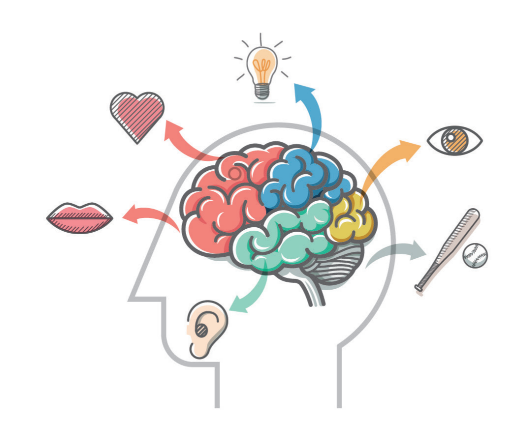
本刊訊，2019/11/17



現場設有台電職人裝備區，民眾可身著台電工作裝備來張「台電職人照」。(圖片：台電公司)



希望變電箱除了是民眾用電設備，也可以成為街道美學的一份子。(圖片：台電公司)

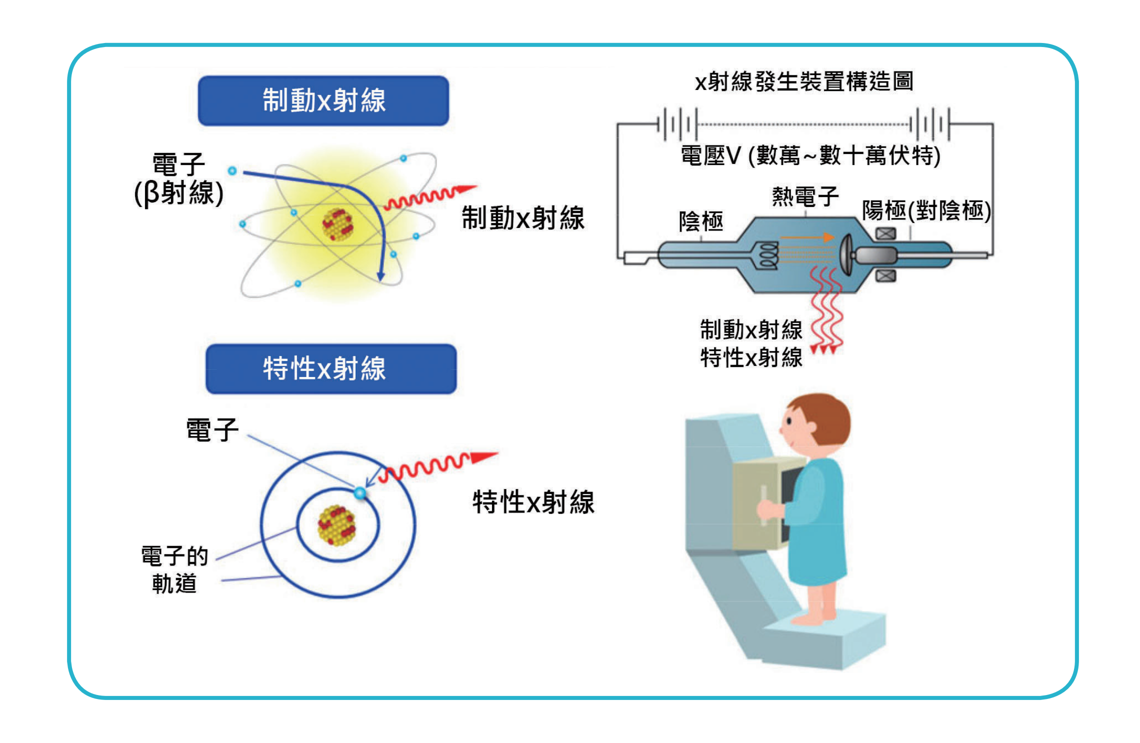


什麼是放射性與輻射？（十七）

譯 朱鐵吉

Q 醫療用的 x 射線是如何產生？

A 利用 x 射線管產生 x 射線進行健康檢查。x 射線管的內部陰極與陽極（鎢鉬和銅的合金），x 光管在真空中從陰極射出熱電子撞擊陽極，和陽極的原子核產生相互作用，發出制動 x 射線，陽極內的原子內側，電子軌道的電子被打出產生空洞，外側的軌道電子則會來補位，多餘的



能量以 x 射線釋出，這種 x 射線稱為特性 x 射線。所以 x 光管內產生的 x 射線包含制動 x 射線和特性 x 射線。

x 光管的電源關掉的話，x 射線就停止產生。x 射線應用在醫療方面包括診斷及治療，依醫療的需求而調整 x 射線的能量做攝影或治療。一般而言，胸部 x 射線攝影（診斷）時，一次所接受的輻射劑量約 0.06 毫西弗（mSv）。

Q 輻射的種類與對生物的影響為何？



α 射線無法穿透皮膚的角質層（皮膚表面的死細胞層），所以 α 射線在體外曝露時不會造成問題。若放射性物質在體內放出 α 射線時，組織內的局部會有很多的游離。也就是說，集中的能量引起高密度的游離。這種作用會引起 DNA 巨大的損傷，嚴重影響生物安全。

β 射線和 γ 射線一樣，通過物質時會產生游離。不過，游離密度低，對生物的影響能力比 α 射線弱。若是體外受曝，β 射線可能會到達皮下組織。



γ 射線和 x 射線穿透力強，會到達體內深部的器官組織。但是游離密度不高，對生物的影響和 β 射線大致相同。

中子和質子的質量大致相同，所以中子射線進入體內會和質子產生碰撞而停下來。人體中含有大量水分，中子與水分構成的氫原子核會互相發生作用而失去能量。

Q 我們因醫療診斷接受到的輻射曝露的劑量有多少？

A 因放射線檢查所接受到曝露的劑量會依檢查的種類而有不同，如牙科攝影僅著重在局部的檢查，接受到輻射曝露的劑量較少；像 x 射線電腦斷層掃描與核子醫學檢查等，是輻射曝露劑量較高的檢查。另外，即使使用同類型的檢查，劑量也會根據醫療機構的不同而有變化，建議使用「診斷參考水平」來檢視診斷所接受到的劑量是否過高。如果醫療機構的平均輻射劑量偏離診斷參考水平太多，國際放射防護委員會（ICRP）就會考慮對該機構的輻射照射條件（irradiation conditions）進行檢查。

在歐美國家中，有些已開始採用診斷參考水平，日本診療放射技師協會則是在 2000 年發布了自己的《醫療曝露指南（降低目標值）》，以便獨立編制日本的診斷劑量參考水平，並在 2006 年修訂成《2006 年醫療曝露指南》。此外，日本醫療曝露研究資訊網（J-RIME）* 以參與團體的實際調查結果為基礎，首次確立日本的診斷參考水平。[醫療輻射防護協議會「最新國內實際調查結果為基礎的診斷參考水平」2015 年 6 月 7 日（2015 年 8 月 11 日修正）]。

註：日本醫療曝露研究資訊網站（Japan Network for Research and Information on Medical Exposures：J-RIME）從 2000 年開始，邀請很多專家，蒐集日本國內外有關醫療曝露的研究資訊，考察日本國內的醫療曝露情形，確立醫療曝露的防護體系。J-RIME 的活動目的是針對輻射診療的醫療曝露的風險評估，並蒐集相關的數據，以有效掌握日本醫療曝露的實際狀況，並與國際醫療曝露的發展密切聯繫。（參考文獻：日本國立研究開發法人 量子科學技術研究開發機構 放射線醫學綜合研究所 http://www.nirs.qst.go.jp/rd/structure/merp/j-rime.html）

檢查種類	診斷參考水平[*1]	實際的曝露劑量[*2]	
		劑量	劑量種類
一般攝影：胸部正面	0.3mGy	0.06mSv	有效劑量
乳房攝影 (平均乳腺劑量)	2.4mGy	2mGy程度	等價劑量 (乳腺劑量)
透視攝影	IVR：透視劑量率 20mGy/分	胃的透視 4.2-32mSv程度[*3] (依執行人員與受檢者而不同)	有效劑量
牙科攝影	由 下顎 前齒部1.1mGy 至 上顎 大臼齒部2.3mGy	2-10μSv程度	有效劑量
X射線CT檢查	成人頭部85mGy 小孩(6~10歲)頭部60mGy	5-30mSv程度	有效劑量
核醫學檢查	每次放射性藥品的值	0.5-15mSv程度	有效劑量
正子斷層掃描檢查	每次放射性藥品的值	2-20mSv程度	有效劑量

mGy：毫戈雷，mSv：毫西弗，μSv：微西弗

*1：醫療曝露研究資訊網站「最新日本國內實態調查結果為基礎擬定的參考水平」2015 年 6 月 7 日 (2015 年 8 月 11 日部分修正) (http://www.radher.jp/J-RIME/)

*2：重研機構「CT 檢查等醫療曝露，解答有關醫療曝露風險的疑問以及防護的 Q&A」(http://www.nirs.qst.go.jp/rd/faq/medical.html)

*3：北里大學醫學放射線部「醫療中的放射線基礎知識」(http://www.khp.kitasao-u.ac.jp/hoshasen/iryo/)「健康診斷 X 射線檢查」的「胃透鏡」數據作成。

* 等價劑量 (Sv：西弗)：表示人的器官或組織個別受到照射影響的劑量。

* 有效劑量 (Sv：西弗)：表示總計全身各器官或組織受到影響的劑量。

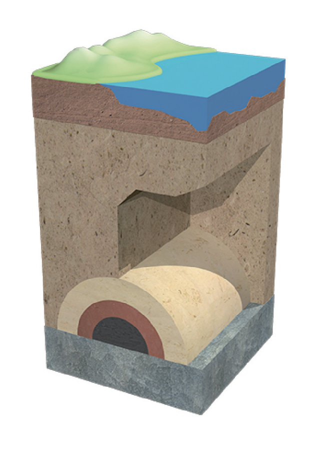




本單元資料來源：日本環境省《輻射的基礎知識與健康影響》第一章：輻射的基礎知識，p.16、p19，第二章：輻射曝露，p.72，2016

用自然的方式「核」你相處

加拿大雪茄湖的天然類比 證明多重障壁的設計可行



對用過核子燃料的最終處置方式，採用多重障壁的設計概念，是師法自然界的地質條件。科學家發現在加拿大雪茄湖下方的鈾礦，不但有足夠厚度的岩盤作為天然障壁，並有黏土層層包圍鈾礦，上面湖水經過多年監測，放射性數值都正常。由此推論雪茄湖的鈾礦場因為有多重障壁隔絕，確實可以將鈾礦與生物圈完全隔離，因此這樣的設計概念被應用在用過核子燃料的處置場。

最終處置的多重障壁設計，是將用過的核子燃料裝在銅罐裡，銅罐外填充膨潤土隔絕水與空氣，且埋在深達300~1,000公尺處置場內，外面又有堅硬且長期穩定的天然岩盤包圍，可將用過核子燃料與人類生活圈隔離，經過長時間存放使放射性衰減至安全狀態。



廣告